

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ



SICAK KAVRAMSAL DEĞİŞİM İÇİN ÖĞRETİM: 11. SINIF
MODERN FİZİK ÖRNEĞİ

DOKTORA TEZİ

Mehmet KURAL

BALIKESİR, ŞUBAT-2015

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ



SICAK KAVRAMSAL DEĞİŞİM İÇİN ÖĞRETİM: 11. SINIF
MODERN FİZİK ÖRNEĞİ

DOKTORA TEZİ

Mehmet KURAL

BALIKESİR, ŞUBAT-2015

KABUL VE ONAY SAYFASI

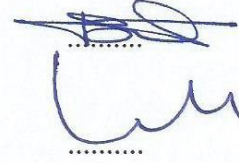
Mehmet KURAL tarafından hazırlanan “SICAK KAVRAMSAL DEĞİŞİM İÇİN ÖĞRETİM: 11. SINIF MODERN FİZİK ÖRNEĞİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 05/02/2015 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı, Fizik Eğitimi Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH



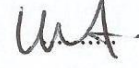
Üye

Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER



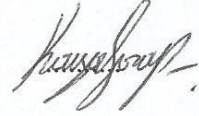
Üye

Doç. Dr. R. Suat IŞILDAK



Üye

Doç. Dr. Murat SAĞLAM



Üye

Doç. Dr. Serap KAYA ŞENGÖREN

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

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Cihan ÖZGÜR

.....

Bu tez çalışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2013/05 no'lu proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

**SICAK KAVRAMSAL DEĞİŞİM İÇİN ÖĞRETİM:
11. SINIF MODERN FİZİK ÖRNEĞİ
DOKTORA TEZİ
MEHMET KURAL
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ
TEZ DANIŞMANI: DOÇ.DR. M. SABRİ KOCAKÜLAH
BALIKESİR, ŞUBAT-2015**

Kavramsal Değişim Teorisi, 1990'lı yıllarda yalnızca bilişsel unsurları dikkate alıp, duyuşsal unsurları dikkate almayan yapısı ile eleştiri almaya başlamış ve soğuk kavramsal değişim olarak adlandırılmıştır. Daha sonra araştırmacılar sıcaklığı yükselten unsurlar olarak tanımladıkları duyuşsal unsurları kavramsal değişim modellerine eklemeye başlamıştır. Zamanla kavramsal değişimde ılık ve sıcak eğilim önerilmiştir. Kavramsal değişim modellerine biliş düzeyinde yapılan son katkı ise üst biliştir. Alan yazında kavramsal değişime yönelik önerilen modellerin birikimli olarak geliştirildiği ancak bu modellere dayalı bir öğretim modelinin önerilmediği görülmektedir. Kavramsal değişim için tasarlanan öğretim modellerinin neredeyse tümünün soğuk kavramsal değişime dayandığı görülmektedir.

Bu araştırmada sıcak kavramsal değişim için üst bilişsel ve motivasyonel stratejiler ile desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modeli önerilmiş ve etkililiği karma desenin kullanıldığı araştırma ile test edilmiştir. Araştırmanın örneklemini 2012/2013 Eğitim Öğretim Yılında Manisa İlinin bir ilçesinde bulunan bir Anadolu Öğretmen Lisesinin, onbirinci sınıfında öğrenim gören toplam 40 öğrenci oluşturmuştur. Araştırmanın verileri Modern Fizik Kavram Testi, Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği, Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği ve yarı yapılandırılmış görüşmeler ile toplanmıştır. Araştırma sonunda Modern Fizik Kavram Testi ve yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler önerilen sıcak kavramsal değişim için öğretim modelinin öğrencilerin modern fizik kavramlarına yönelik kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğunu göstermiştir. Bunun yanında araştırmada önerilen modele dayalı tasarlanan öğretimin öğrencilerin fizik dersine yönelik motivasyon ve tutumlarına olumlu katkı yaptığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELELER: Kavramsal Değişim, Sıcak Kavramsal Değişim, Sıcak Kavramsal Değişim İçin Öğretim, Bilişsel Çatışma, Modern Fizik

ABSTRACT

TEACHING FOR HOT CONCEPTUAL CHANGE: AN EXAMPLE OF GRADE 11 MODERN PHYSICS

PH.D THESIS

MEHMET KURAL

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
SECONDARY SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION
PHYSICS EDUCATION**

**(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. M. SABRİ KOCAKÜLAH)
BALIKESİR, 2015**

Conceptual Change Theory began to get criticised in 1990's with its structure in which only the cognitive elements were considered, affective elements were not taken into account and it is called as cold conceptual change. Then, the researchers began to add the affective elements which were described as temperature – raising elements, to the conceptual change models. Over time, warm and hot trends have been proposed in conceptual change. The latest contribution made at the level of cognition to the conceptual change models is metacognition. In literature, it has been recognized that the models recommended for conceptual change have been developed cumulatively, but those models have not been proposed to be applied during teaching. It has been observed that almost all of the teaching models which is designed for conceptual change, were based on cold conceptual change.

In this study, a teaching model, which is supported by metacognitive and motivational strategies and is based on cognitive conflict was recommended for a hot conceptual change and its effect was tested with a research in which mixed methods design was used. The sample of the study consisted of 40 students who were grade 11 at an Anatolian Teacher High School of a district of Manisa in 2012/2013 academic year. The data were collected with Modern Physics Concept Test, Physics Lesson Motivation Scale, Attitude Scale for Physics Lesson and semi – structured interviews. The data, which were collected from Modern Physics Concept Test and semi – structured interviews, showed that proposed teaching model for a hot conceptual change that were recommended in this study was successful helping students for changing their concepts about Modern Physics topics. Moreover, it was proved in this research that teaching design, which is based on the recommended model in this study, made a positive contribution to the learners' motivation and attitudes towards physics.

KEYWORDS: Conceptual Change, Hot Conceptual Change, Teaching For Hot Conceptual Change, Cognitive Conflict, Modern Physics.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	x
GRAFİK LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
1.GİRİŞ	1
1.1 Öğrenme Kuramlarına Genel Bakış.....	1
1.1.1 Davranışçı Kuram	1
1.1.2 Bilişsel Kuram	2
1.1.3 Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı.....	4
1.1.3.1 Bilişsel Yapılandırmacı Kuram.....	5
1.1.3.2 Radikal Yapılandırmacı Kuram	6
1.1.3.3 Sosyal Yapılandırmacı Kuram	7
1.1.4 Yapılandırmacı Öğrenme Kuramından Kavramsal Değişime Doğru	7
1.1.5 Kavramsal Değişim.....	9
1.1.5.1 Kavramsal Değişim Teorisi.....	9
1.1.5.2 KDT'nin Doğuşundan, Pintrich Devrimine Kadarki Süreçte Kavramsal Değişim	12
1.1.5.3 Kavramsal Değişimde Pintrich Devrimi ve KDT'nin Eleştiri Alan Yönleri	14
1.1.5.4 Sıcaklığı Yükselten Duyuşsal Unsurlar ve Kavramsal Değişim ile İlişkileri.....	16
1.1.5.5 Üst Biliş ve Kavramsal Değişim İle İlişkisi	20
1.1.5.5.1 Bilişin Bilgisi.....	21
1.1.5.5.2 Bilişin Düzenlenmesi.....	21
1.1.5.5.3 Üst Biliş ve Kavramsal Değişim İlişkisi	22
1.1.5.6 Kavramsal Değişimde Ilık Eğilime Doğru.....	23
1.1.5.7 Kavramsal Değişimde Ilık Eğilim.....	25
1.1.5.8 Kavramsal Değişimde Sıcak Eğilim	29
1.2 Araştırmayı Biçimlendiren Kuramsal Altyapı.....	30
1.3 Problem.....	33
1.4 Sıcak Kavramsal Değişim İçin Yeni Bir Öğretim Modeli.....	35
1.5 Araştırmanın amacı.....	45
1.6 Araştırma soruları	45
1.7 Sayıtlar.....	45
1.8 Sınırlılıklar	45
1.9 Araştırma Bölümlerinin Tanıtılması.....	46
2. İLGİLİ YAYIN VE ARAŞTIRMALAR	48
2.1 Pintrich Devrimi Öncesi Kavramsal Değişime Yönelik Çalışmalar	48
2.2 Pintrich Devrimi Sonrasında Kavramsal Değişime Yönelik Çalışmalar	50
2.3 Kavramsal Değişimin Motivasyon, Tutum ve Üst Biliş ile İlişkilendirildiği Çalışmalar	55

2.4 Kavramsal Değişime Dayalı Çalışmaların Yorumlanması.....	61
2.5 Modern Fiziğe Dayalı Çalışmalar.....	63
2.5.1 Kuantum Fiziği ve Kuantum Fiziğine Giriş ile İlgili Çalışmalar	63
2.5.2 Işığın ve Maddenin Dalga-Tanecik Doğası	65
2.5.3 Fotoelektrik Olay ve Compton Olayı.....	66
2.5.4 Atom Modelleri.....	68
3. YÖNTEM.....	71
3.1 Araştırma modeli	71
3.2 Örneklem	72
3.3 Araştırmacının Rolü.....	73
3.4 Veri Toplama Araçları ve Geliştirilmesi	73
3.4.1 Modern Fizik Kavram Testi (MFKT).....	74
3.4.1.1 Modern Fizik Kavram Testinin Deneme Çalışması.....	81
3.4.1.2 Modern Fizik Kavram Testinin Uygulanması.....	83
3.4.2 Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler	83
3.4.2.1 Görüşme Formlarının Deneme Çalışmaları	84
3.4.2.2 Yarı Yapılandırılmış Görüşmelerin Uygulanması	85
3.4.3 Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği.....	86
3.4.3.1 Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinin Uygulanması.....	92
3.4.4 Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği.....	93
3.4.4.1 Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeğinin Uygulanması.....	93
3.5 Veri Toplama Araçları İçin Yapılan Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları.....	94
3.5.1 Geçerlik Çalışmaları	94
3.5.2 Güvenirlik Çalışmaları.....	95
3.6 Veri Analizi	97
3.6.1 Modern Fizik Kavram Testinin Analizi.....	97
3.6.2 Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinin Analizi.....	99
3.6.3 Fizik Dersi Tutum Ölçeğinin Analizi	100
3.6.4 Yarı-Yapılandırılmış Görüşmelerin Analizi	101
3.7 Araştırmanın Uygulama Aşamaları	102
4. ÖĞRETİM.....	104
4.1 Öğretimin Planlanması	105
4.2 Öğretimin Uygulanması.....	108
4.3 Sıcak Kavramsal Değişim İçin Öğretim: Fotoelektrik Olay Örneği	110
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	118
5.1 Modern Fizik Kavram Testinden Elde Edilen Bulgular.....	118
5.1.1 MFKT'deki Fotoelektrik Olay ile İlgili Birinci Soruya İlişkin Bulgular	118
5.1.1.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	120
5.1.1.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	125
5.1.1.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular.....	129
5.1.1.4 Tartışma.....	132
5.1.2 MFKT'deki Compton Olayı ile İlgili İkinci Soruya İlişkin Bulgular	136
5.1.2.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	139
5.1.2.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	145
5.1.2.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular.....	150
5.1.2.4 Tartışma.....	158

5.1.3 MFKT'deki Işığın İkili Doğası ile İlgili Üçüncü Soruya	
İlişkin Bulgular	162
5.1.3.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	164
5.1.3.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	169
5.1.3.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular	173
5.1.3.4 Tartışma.....	175
5.1.4 MFKT'deki Siyah Cisim Işması ile İlgili Dördüncü Soruya	
İlişkin Bulgular	179
5.1.4.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	181
5.1.4.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	189
5.1.4.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular	193
5.1.4.4 Tartışma.....	198
5.1.5 MFKT'deki Işığın Momentumu ile İlgili Beşinci Soruya	
İlişkin Bulgular	201
5.1.5.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	203
5.1.5.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	208
5.1.5.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular	210
5.1.5.4 Tartışma.....	212
5.1.6 MFKT'deki Atom Modelleri ile İlgili Altıncı Soruya	
İlişkin Bulgular	214
5.1.6.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	216
5.1.6.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	223
5.1.6.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular	230
5.1.6.4 Tartışma.....	234
5.1.7 MFKT'deki Bohr Atom Modeli ile İlgili Yedinci Soruya	
İlişkin Bulgular	238
5.1.7.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	240
5.1.7.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	244
5.1.7.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular	250
5.1.7.4 Tartışma.....	257
5.1.8 MFKT'deki Atomun Uyarılması ile İlgili Sekizinci Soruya	
İlişkin Bulgular	261
5.1.8.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	263
5.1.8.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	270
5.1.8.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular	278
5.1.8.4 Tartışma.....	284
5.1.9 MFKT'deki Elektronların İkili Doğası ile İlgili Dokuzuncu	
Soruya İlişkin Bulgular.....	289
5.1.9.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	291
5.1.9.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	295
5.1.9.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular	300
5.1.9.4 Tartışma.....	304
5.1.10 MFKT'deki 10.Soruya İlişkin Bulgular	308
5.1.10.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	310
5.1.10.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	316
5.1.10.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular	325
5.1.10.4 Tartışma.....	330
5.1.11 MFKT'deki Belirsizlik İlkesi ile İlgili 11.Soruya	
İlişkin Bulgular	332
5.1.11.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular	335

5.1.11.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular	337
5.1.11.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular.....	342
5.1.11.4 Tartışma.....	346
5.2 Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular	350
5.3 Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular.....	357
6. SONUÇLAR	361
6.1 Birinci Alt Probleme İlişkin Sonuçlar	361
6.1.1 Işığın Tanecik Modeline İlişkin Sonuçlar.....	361
6.1.2 Maddesel Parçacıkların Dalga Özelliğine İlişkin Sonuçlar	372
6.1.3 Atom Modellerine İlişkin Sonuçlar	377
6.2 İkinci Alt Probleme İlişkin Sonuçlar	386
6.3 Üçüncü Alt Probleme İlişkin Sonuçlar	389
6.4 Sıcak Kavramsal Değişim İçin Önerilen Öğretim Modeline İlişkin Sonuçlar.....	390
7. ÖNERİLER	394
7.1 Araştırma Sonuçlarına Yönelik Öneriler	394
7.2 Araştırmada Önerilen Öğretim Modeline Yönelik Öneriler.....	399
7.3 Yeni Araştırmalar İçin Öneriler.....	401
8. KAYNAKÇA	404
9. EKLER.....	430

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen kavramsal değişim modeli	11
Şekil 1.2: Kavramsal Değişimin Çok Boyutlu Yapısı: Tyson ve arkadaşlarından(1997) alınmıştır	23
Şekil 1.3: Kavramsal Değişimde Etkili Olan Bilişsel ve Duyuşsal Unsurlar Alsop ve Watts'dan (1997) alınmıştır	24
Şekil 1.4: Yıldız (2008) tarafından önerilen kavramsal değişim modeli.....	25
Şekil 1.5: Dole ve Sinatra'nın (1998) önerdiği Bilişsel Bilginin Yeniden Yapılanması Modeli	28
Şekil 1.6: İkili Yerleşik Öğrenme Modeline Dayalı Öğretim Modeli	38
Şekil 1.7: Sıcak kavramsal değişim için motivasyonel ve üst bilişsel stratejilerle desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modeli.....	42
Şekil 2.1: Öğrencilerin ön test uygulamasında atoma ilişkin çizimleri.....	69
Şekil 3.1: Araştırmacı tarafından 11.sınıf fizik dersi öğretim programındaki modern fizik ünitesine yönelik hazırlanan kavram haritası.....	75
Şekil 3.2: Modern fizik kavram testindeki fotoelektrik olay ile ilgili birinci soru	76
Şekil 3.3: MFKT'deki Compton Olayı ile ilgili ikinci soru	77
Şekil 3.4: MFKT'deki ışığın doğasına yönelik 3.soru	78
Şekil 3.5: Modern fizik kavram testindeki siyah cisim ışıması ile ilgili dördüncü soru	78
Şekil 3.6: Gecikmiş son testte fotoelektrik olay ile ilgili birinci soru	80
Şekil 3.7: Gecikmiş son testteki Compton Olayı ile ilgili ikinci soru	80
Şekil 3.8: MFKT'deki yedinci sorunun deneme çalışması öncesindeki hali	82
Şekil 4.1: Dersin "neler öğreneceğiz" bölümünde öğrencilere gösterilen slaytlar.....	110
Şekil 4.2: Öğrencilerin ön fikirlerinin ortaya çıkarıldığı "Kafa yoran sorular" bölümü.....	111
Şekil 4.3: "Ön bilgilerimizi gözden geçirelim" bölümünde öğrencilere yöneltilen sorular	112
Şekil 4.4: Bilişsel çatışmanın oluşturulduğu fotoelektrik olay ile ilgili videodaki aşamalar	113
Şekil 4.5: Fotoelektrik olay öğretimde "görevimiz bilim" bölümündeki slaytlar	114
Şekil 4.6: Fotoelektrik olay öğretiminde modern fiziğin kabullerinin Savunulması	116
Şekil 4.7: Fotoelektrik olay öğretiminde değerlendirme bölümündeki slaytlar	117
Şekil 5.1: MFKT'deki Fotoelektrik Olay ile ilgili birinci soru	119
Şekil 5.2: Son görüşme formundaki fotoelektrik olayla ilgili birinci soru.....	126
Şekil 5.3: Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT'deki 1.soru	129
Şekil 5.4: MFKT'deki Compton Olayı ile ilgili ikinci soru.....	137
Şekil 5.5: Öğrenci D21'in Compton Olayı ile ilgili ikinci soruya ön testte verdiği yanıt	139
Şekil 5.6: Öğrenci D12'nin ön testteki ikinci soruya verdiği yanıt.....	141

Şekil 5.7: Öğrenci D2'nin son testteki ikinci soruya verdiği yanıt	148
Şekil 5.8: Gecikmiş MFKT'deki Compton Olayı ile İlgili İkinci Soru	151
Şekil 5.9: MFKT'deki ışığın ikili doğası ile ilgili üçüncü soru	162
Şekil 5.10: MFKT'deki siyah cisim ışıması ile ilgili dördüncü soru	179
Şekil 5.11: Son görüşme formundaki siyah cisim ışıması ile ilgili soru	189
Şekil 5.12: Gecikmiş son testteki siyah cisim ışıması ile ilgili dördüncü soru	194
Şekil 5.13: MFKT'deki ışığın momentumu ile ilgili beşinci soru	202
Şekil 5.14: Öğrenci D4'ün son testteki beşinci soruya verdiği yanıt	208
Şekil 5.15: D6 öğrencisinin son testteki beşinci soruya verdiği yanıt	208
Şekil 5.16: D5 öğrencisinin son testteki beşinci soruya verdiği yanıt	209
Şekil 5.17: MFKT'deki atom modelleri ile ilgili altıncı soru	215
Şekil 5.18: D1 öğrencisinin ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt	217
Şekil 5.19: Öğrenci D4'ün ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt	217
Şekil 5.20: Öğrenci D23'ün ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt	217
Şekil 5.21: Öğrenci D24'ün ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt	218
Şekil 5.22: Öğrenci D10'un ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt	220
Şekil 5.23: Öğrenci D2'nin ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt	220
Şekil 5.24: Öğrenci D21'in ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt	222
Şekil 5.25: Öğrenci D25'in ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt	223
Şekil 5.26: Öğrenci D2'nin son görüşme formundaki atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler	224
Şekil 5.27: Öğrenci D21'in son görüşmedeki atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler	224
Şekil 5.28: D1 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt	225
Şekil 5.29: D1 öğrencisinin son görüşmedeki soruya yaptığı çizim	226
Şekil 5.30: Öğrenci D23'ün son testteki altıncı soruya verdiği yanıt	226
Şekil 5.31: Öğrenci D23'ün son görüşmede atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler	226
Şekil 5.32: D36 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt	228
Şekil 5.33: D38 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt	228
Şekil 5.34: D6 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt	229
Şekil 5.35: D18 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt	229
Şekil 5.36: Öğrenci D24'ün son testteki altıncı soruya verdiği yanıt	229
Şekil 5.37: Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT'deki altıncı soru	230
Şekil 5.38: Öğrenci D12'nin gecikmiş son testte atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler	231
Şekil 5.39: Öğrenci D4'ün gecikmiş son testte atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler	232
Şekil 5.40: D15 öğrencisinin gecikmiş son testte atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler	233
Şekil 5.41: D14 öğrencisinin gecikmiş son testte atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler	234
Şekil 5.42: MFKT'deki Bohr Atom Modeli ile ilgili yedinci soru	238
Şekil 5.43: Son görüşme formunda yer alan Bohr Atom Modeli ile ilgili Soru	245
Şekil 5.44: Öğrenci D4'ün son testteki yedinci soruya verdiği yanıt	246
Şekil 5.45: D5 öğrencisinin son testteki yedinci soruya verdiği yanıt	249
Şekil 5.46: D7 öğrencisinin son testteki yedinci soruya verdiği yanıt	249
Şekil 5.47: D16 öğrencisinin son testteki yedinci soruya verdiği yanıt	249

Şekil 5.48: Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT'deki Bohr Atom Modeli ile ilgili soru.....	251
Şekil 5.49: D30 öğrencisinin gecikmiş son testteki yedinci soruya verdiği Yanıt.....	255
Şekil 5.50: MFKT'de yer alan ve atomun uyarılması konusu ile ilgili soru.....	262
Şekil 5.51: Son görüşmelerde kullanılan formdaki Frank Hertz Deneyi ile ilgili soru	272
Şekil 5.52: Gecikmiş test olarak uygulanan MFKT'deki atomun uyarılması ile ilgili sekizinci soru	279
Şekil 5.53: MFKT'deki elektronların ikili doğası ile ilgili dokuzuncu soru.....	289
Şekil 5.54: Son görüşme formundaki elektronların ikili doğası ile ilgili soru	296
Şekil 5.55: MFKT'deki orbital kavramı ile ilgili 10. Soru.....	308
Şekil 5.56: Öğrenci D6'nın ön testteki 10. soruya verdiği yanıt.....	310
Şekil 5.57: Öğrenci D20'nin ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.....	311
Şekil 5.58: Öğrenci D2'nin ön testteki 10. soruya verdiği yanıt.....	312
Şekil 5.59: D10 öğrencisinin ön testteki 10. soruya verdiği yanıt.....	314
Şekil 5.60: D1 öğrencisinin ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.....	314
Şekil 5.61: Öğrenci D4'ün ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.....	315
Şekil 5.62: Öğrenci D9'un ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.....	315
Şekil 5.63: D1 öğrencisinin son testteki 10.soruya verdiği yanıt	316
Şekil 5.64: D1 öğrencisinin son görüşmedeki orbital ve yörünge ile ilgili soruya verdiği yanıt.....	317
Şekil 5.65: Öğrenci D20'nin son testteki 10. soruya verdiği yanıt	318
Şekil 5.66: Öğrenci D20'nin son görüşmede yörünge ve orbital kavramları ile ilgili yaptığı çizim	318
Şekil 5.67: Öğrenci D2'nin son testteki 10. soruya verdiği yanıt	319
Şekil 5.68: Öğrenci D2'nin son görüşmedeki soruya verdiği yanıt	320
Şekil 5.69: Öğrenci D4'ün son testteki 10. soruya verdiği yanıt	321
Şekil 5.70: Öğrenci D9'un son testteki 10.soruya verdiği yanıt	322
Şekil 5.71: Öğrenci D12'nin son testteki 10.soruya verdiği yanıt	323
Şekil 5.72: D7 öğrencisinin son testteki 10. soruya verdiği yanıt	324
Şekil 5.73: D14 öğrencisinin son testteki 10. soruya verdiği yanıt	324
Şekil 5.74: D19 öğrencisinin son testteki 10. soruya verdiği yanıt	325
Şekil 5.75: D4'ün gecikmiş son testteki 10. soruya verdiği yanıt.....	327
Şekil 5.76: D20'nin gecikmiş son testteki 10. soruya verdiği yanıt.....	328
Şekil 5.77: D18'in gecikmiş son testteki 10.soruya verdiği yanıt.....	329
Şekil 5.78: Öğrenci D19'un gecikmiş son testteki 10.soruya verdiği yanıt.....	329
Şekil 5.79: Öğrenci D9'un gecikmiş son testteki 10.soruya verdiği yanıt.....	329
Şekil 5.80: Öğrenci D3'un gecikmiş son testteki 10.soruya verdiği yanıt.....	330
Şekil 5.81: MFKT'deki Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili 11. Soru	333
Şekil 5.82: Son görüşme formundaki belirsizli ilkesi ile ilgili soru	338
Şekil 7.1: Bu araştırma sonunda önerilen Sıcak Kavramsal Değişim İçin Üst Bilişsel ve Motivasyonel Stratejiler ile Desteklenmiş Bilişsel Çatışmaya Dayalı Öğretim Modeli.....	400

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1: Çalışma Grubunda Gerçekleşen İşlemler	74
Tablo 3.2: MFKT'deki Soruların Özellikleri.....	79
Tablo 3.3: FDMÖ verileri ile yapılan Açıklayıcı Faktör Analizi Sonuçları	88
Tablo 3.4: Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği Faktörler Arası Korelasyon Katsayıları	89
Tablo 3.5: Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği Doğrulayıcı Faktör Analizi Sonuçları.....	90
Tablo 3.6: FDMÖ'nün faktörlerin düzeltilmiş madde toplam korelasyonları ve üst ve alt %27'lik grupların puanları ile yapılan t testi sonuçları.....	91
Tablo 3.7: Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğindeki Faktörlerin Cronbach Alpha Katsayısı.....	92
Tablo 3.8: Fizik dersi tutum ölçeği faktörlerine ait analiz sonuçları	93
Tablo 3.9: Tutarlık yüzdeleri.....	96
Tablo 3.10: MFKT'nin analiz tablosu örneği	98
Tablo 3.11: Görüşme yapılan öğrencilerin bireysel gelişimlerini gösteren örnek tablo.....	99
Tablo 4.1: Öğretim aşamaları için seçilen konu ve kazanımlar	106
Tablo 4.2: Modeldeki aşamalara karşılık gelen öğretim aşamaları.....	108
Tablo 4.3: Öğretimi yapılan konular ve öğretim süreleri.....	109
Tablo 5.1: MFKT'deki Fotoelektrik Olay İle İlgili Birinci Sorunun Analizi.....	119
Tablo 5.2: Görüşme yapılan öğrencilerin fotoelektrik olay ile ilgili birinci sorudaki bireysel gelişimi.....	135
Tablo 5.3: MFKT'deki Compton Olayı İle İlgili İkinci Sorunun Analizi	138
Tablo 5.4: Görüşme yapılan öğrencilerin Compton Olayı ile ilgili ikinci sorudaki bireysel gelişimi.....	161
Tablo 5.5: MFKT'deki Üçüncü Sorunun Analizi	163
Tablo 5.6: Görüşme yapılan öğrencilerin üçüncü sorudaki bireysel gelişimi.....	178
Tablo 5.7: MFKT'deki dördüncü sorunun Analizi.....	180
Tablo 5.8: Görüşme yapılan öğrencilerin dördüncü sorudaki bireysel gelişimi	201
Tablo 5.9: MFKT'deki Beşinci Sorunun Analizi	202
Tablo 5.10: Görüşme yapılan öğrencilerin beşinci sorudaki bireysel gelişimi	213
Tablo 5.11: MFKT'deki Altıncı Sorunun Analizi	216
Tablo 5.12: Görüşme yapılan öğrencilerin altıncı sorudaki bireysel gelişimi	237
Tablo 5.13: MFKT'deki Yedinci Sorunun Analizi.....	239
Tablo 5.14: Görüşme yapılan öğrencilerin yedinci sorudaki bireysel gelişimi	259
Tablo 5.15: MFKT'deki Sekizinci Sorunun Analizi	263
Tablo 5.16: Görüşme yapılan öğrencilerin sekizinci sorudaki bireysel Gelişimi	288
Tablo 5.17: MFKT'deki Dokuzuncu Sorunun Analizi.....	290
Tablo 5.18: Görüşme yapılan öğrencilerin dokuzuncu sorudaki gelişimler	306
Tablo 5.19: MFKT'deki 10. Sorunun Analizi	309

Tablo 5.20: Görüşme yapılan öğrencilerin 10.sorudaki gelişimleri.....	332
Tablo 5.21: MFKT'deki Belirsizlik İlkesi ile İlgili 11. Sorunun Analizi	334
Tablo 5.22: Görüşme yapılan öğrencilerin 11.sorudaki gelişimleri.....	349
Tablo 6.1: Fotoelektrik olay ile ilgili tespit edilen kavram yanlışları.....	363
Tablo 6.2: Compton olayı ile ilgili tespit edilen kavram yanlışları	365
Tablo 6.3: Işığın ikili doğası ile ilgili tespit edilen kavram yanlışları.....	368
Tablo 6.4: Siyah cisim ışıması ile ilgili tespit edilen kavram yanlışları.....	370
Tablo 6.5: Öğrencilerin ön testte atom ile ilgili çizimleri ve yanıtlarından oluşan kategoriler	377
Tablo 6.6: Öğretim sonrasında Modern Atom Modeline ilişkin kavram yanlışları içeren çizim ve açıklamalar	378
Tablo 6.7: Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili tespit edilen kavram yanlışları	384
Tablo 6.8: Öğrencilerin MFKT'deki kabul edilebilir yanıtlarının sorulara göre yüzdeleri.....	392

GRAFİK LİSTESİ

Sayfa

Grafik 5.1: FDMÖ'deki maddelere verilen yanıtlarının frekans analizi	351
Grafik 5.2: FDYTÖ'deki maddelere verilen yanıtlarının frekans analizi	359

ÖNSÖZ

Akademik hayatımın yol göstereni, değerli danışmanım Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH'a tezin konusunun belirlenmesinden yazımına kadarki süreçte kıymetli zamanını bana ayırdığı ve her koşulda yardımını esirgemediği için sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca olumlu önerileri ile çalışma motivasyonumu artıran ve manevi anlamda destek olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Aysel KOCAKÜLAH'a teşekkür ederim. Tez izleme komitesine jüri üyesi olarak katılıp deneyimlerini ve olumlu önerilerini paylaşarak tezimin doğru ve bilimsel olarak yürümesinde büyük pay sahibi olan hocalarım Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER, Doç. Dr. Murat SAĞLAM ve Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ'ye teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez savunma sınavında önerileri ile tezime olumlu katkılar yapan değerli hocalarım Doç. Dr. R. Suat İŞILDAK ve Doç. Dr. Serap KAYA ŞENGÖREN'e teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında büyük paya sahip, her koşulda destek olan, zor anlarımda manevi desteğini esirgemeyen, değerli yol arkadaşım Erdoğan ÖZDEMİR'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca tezime yaptığı önemli katkılardan dolayı Mustafa ÇORAMIK'a teşekkür ederim.

Örneklemdaki Okul Müdürü İsmet KILAVUZ'a, Müdür Başyardımcısı Mesut GÜLLÜ'ye, tüm öğretmen arkadaşlarıma; kolaylaştıran tavırlarından ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Örneklem olarak seçilen okulda 2012/2013 eğitim öğretim yılında 11 ve 12. sınıfta öğrenim gören öğrencilerime duyarlı, ilgili, fedakâr ve sabırlı davranışlarından dolayı teşekkür ederim.

Tezimden ve herşeyden önce gelenlerim... Tezi adadıklarım... Sevgili eşim Nalan KURAL, canım kızım Zeynep Bilge KURAL... İyiki varsınız. Fedakârlığınız ve sabrınız için size minnettarım. Sonraki zamanları en verimli şekilde değerlendirmek dileğiyle... Annem Nurten KURAL ve babam Vefa KURAL... Yetiştirenlerim, büyütenlerim... Tüm fedakârlıklarınız için teşekkür ederim.

Mehmet KURAL, 2015

1. GİRİŞ

Bu bölümde öğrenme kuramlarına yönelik bilgiler verilmiş, araştırmaya konu olan kavramsal değişim ve kavramsal değişimdeki soğuk, ılık ve sıcak eğilimlerden söz edilmiştir. Araştırmayı biçimlendiren teorik alt yapı ışığında oluşturulan ve araştırmadaki öğretimde kullanılacak olan modelin sunumu yapılmıştır. Ayrıca araştırmanın alt problemleri, amacı, sayıltı ve sınırlılıkları da bu bölümde sunulmuştur.

1.1 Öğrenme Kuramlarına Genel Bakış

Fen bilimlerinde yaşanan gelişmelerin, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin temel dayanağı olduğu bilinmektedir. Fen öğrenmenin ve fen öğretiminin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Eğitim araştırmacıları öğrenmenin doğasını sürekli araştırarak her geçen gün yeni kuramlar ortaya koymaktadır. İnsanlar yaşamları boyunca çevre ile etkileşimleri sonucu bilgi, beceri, tutum ve değerler kazanmaktadır. Öğrenmenin temelinde yaşantılar bulunmaktadır. Öğrenme, en yaygın tabiriyle bireyde düşünce, duyuş ve davranış değişikliği meydana getirme süreci olarak tanımlanmaktadır (Ertürk, 1993, s. 12). Ancak öğrenmenin nasıl gerçekleştiği konusunda farklı görüşler vardır. Öğrenmenin nasıl gerçekleştiği davranışçı ve bilişsel kuramlarla açıklanmaktadır.

1.1.1 Davranışçı Kuram

Davranışçı kuram gözlenebilen davranışlardaki değişimlerle ilgilenmektedir. Öğrenmeyi ölçülebilir davranış değişikliği olarak tanımlamaktadır. Bireysel tepkilerin geliştirilmesi ve değiştirilmesi gereklidir. Beyin boş bir kutuya benzetilir. Davranışçı kuramcılar öğrenci çabasını merkeze almaktadır. Kuramcılar öğrencilerden doğaya ait bilgileri bu boş kutunun içerisine doldurmalarını beklemektedir. Öğrenciler boş kutuyu doldururken, öğretilmekte gerekli bilgiyi transfer etmektedir. Öğrenme öğretme süreci öğretmen tarafından yönetilmekte ve kontrol edilmektedir (Murphy, 1997).

Yüzyılın başlarından 1970 yılının başlarına kadar geçen sürede öğrenme üzerine yapılan çalışmalar davranışçı akımın etkisi altında kalmıştır. Davranışçı kuram, organizmanın etkiye karşı oluşturduğu tepkiler ile öğrenmeyi açıklamaktadır. Davranışçı öğrenme kuramına göre; kişinin davranışlarında kalıcı izli ve gözlenebilir değişiklikler oluştuğunda öğrenme gerçekleşmiştir. Davranışçı kuramın kurucularından Watson (1924) öğrenmeyi uyarıcı ve tepkinin bitişikliği ile açıklamıştır. Davranışçı kuramcılardan Pavlov'a (1927) göre öğrenme; başlangıçta nötr olan bir uyarıcının, koşulsuz uyararla birlikte verildiğinde koşullu uyarana haline dönüşmesidir. Skinner (1953) öğrenmeyi edimsel koşullanma ile açıklamıştır. Skinner'e (1953) göre ödüllendirilen davranışlarının tekrar edilme olasılığı yüksektir. Ceza ile karşılan bireyin ilgili davranışı gösterme olasılığı da azalır.

Özden (2005)'e göre; davranışçı kurama dayalı olarak gerçekleştirilen öğretimlerde öğrencilerin hep üstün gayret gösterme zorunluluğu vardır. Davranışçı kuramda motivasyon (güdü) kavramı ödül ve ceza kavramları ile ilişkilendirilerek açıklanmaktadır. Öğrencilerin karşılaştıkları güçlükleri aşmaları ve sonuç olarak ödül kazanmaları sonraki başarıları için onları motive edecektir. Skinner tarafından önerilen edimsel koşullanma ile bağdaştırılarak geliştirilen küçük adımlar ilkesine göre öğrencilerin öğretim esnasında oluşan yanlış davranışlarının anında düzeltilmesi gerekmektedir. Davranışçı öğrenme kuramına göre öğrenmede dereceli ilerleme ve bireysel hız önemli kavramlardır. Öğrenilecek bilginin kolaydan zora, basitten karmaşığa, bilinenden bilinmeyene doğru sıralanması öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır.

1.1.2 Bilişsel Kuram

Bilgi işlemeye dayalı bilişsel öğrenme kuramına göre; öğrenciler, uyarıcılara dikkatini vererek, yeni bilgilere ilişkin önceden kazanılan bilgileri bellekten geri çağırarak, yeni ve eski bilgileri ilişkilendirip yeni bir yapı oluşturarak ve sonraki öğrenmelerde tekrar kullanmak üzere bu yeni yapıyı kendilerine özgü yöntemlerle belleğe kodlayarak öğrenmektedirler (Jonassen, 1988; Aktaran: Deryakulu, 2001).

Bilişsel öğrenme kuramı, uyarıcı - tepki bağından ziyade, öğrenmenin insanın beyinde ve sinir sisteminde oluşan daha karmaşık ve içsel bir süreç olduğunu savunan kuramcılar tarafından önerilmiştir. Davranışçı kuram, öğrenmeyi

davranışlardaki değişim olarak açıklarken, bilişsel kuram öğrenmeyi bireyin zihninde meydana gelen değişiklikler ya da bireyin çevresinde olup bitenlere anlam yüklemesi olarak açıklamaktadır. Bilişsel kuramcılar, davranışlardaki değişimlerden daha çok anlama, algılama, düşünme ve yorumlama üzerinde durmaktadır (Özden, 2005).

Açıkgöz'e (2003) göre davranışçı kuram algı, dikkat ve problem çözme gibi karmaşık bilişsel süreçleri açıklamakta yetersiz kalarak 1970'li yılların başlarında popülerliğini yitirmiş, yerini bilişsel kurama bırakmıştır. Deryakulu'na (2001) göre bilişsel öğrenme kuramının savunucuları, öğrencilerin öğretim etkinliklerine tepki vermek zorunda bırakılmalarının öğrenmeye etkin katılım olarak algılanmaması gerektiğini ileri sürerek davranışçı kuramı eleştirmektedir. Davranışçı kurama dayalı tasarlanan öğretimlerde öğrencinin hangi uyarana koşullanacağı ve bilgiyi nasıl işleyeceği öğreticiler tarafından kararlaştırılır. Şirin'e (2008) göre; davranışçı kuramın iddia ettiği gibi bireyler dış dünyada karşılaştıklarına körü körüne tepkiler vermezler. Bilişsel öğrenme kuramına göre insanların tepkileri; algılama, düşünme, seçme, ilişki kurma gibi zihinsel süreçlerden geçirildikten sonra verilir.

Algılama, düşünme ve tepki verme süreçleri Piaget (1970) tarafından özümleme (assimilation) ve uyma (accommodation) kavramları ile açıklanmıştır. Öğrenme, dengesizlik ve uyum kurarak yeniden dengelenme (equilibration) kavramları ile açıklanmıştır. Piaget'e (1970) göre insanlar karşılaştıkları yeni durumu önceki bilgi ve geçmiş deneyimleri ile şekillenmiş zihinsel şemaları ile açıklamaya çalışır. Bu durum özümleme olarak isimlendirilir. Kişinin şemaları yeni durumu açıklamada yetersiz kalırsa kişi var olan şemalarında değişiklik yapmaya ya da şemalarında yeniden bir organizasyon süreci başlatmaya çalışır. Piaget öğrenmenin bu aşamasını uyma ya da uyum kurma olarak isimlendirmiştir. Kişi var olan şemasında değişiklikler yaparak var olan durumu açıklamayı başarır ise tekrar dengeye ulaşmış olur (Özden, 2005).

Nesnelci yaklaşıma göre bilgi bireyin algılarından bağımsız olarak dış dünyada var olan bir gerçekliktir. Nesnelci yaklaşıma göre tasarlanan öğretimin hedefi de dış dünyadaki gerçek bilgileri öğrencilere olabildiğince etkili biçimde aktarmaktır. Öğretimde, öğrencilere yüklenen görev dış dünyadaki bu gerçek bilgileri öğrenmek, öğretmenlere yüklenen görev ise bu bilgileri eksiksiz olarak aktarmaktır.

Nesnelci yaklaşıma göre bilginin öğrenilmesinde öğrenciler farklı algılar oluşturabilirler. Ancak bu durum bir hata olarak kabul edilir. Çünkü nesnelci yaklaşıma göre evrende gerçek olan tek bir yapı vardır. Bilgiyi işlemeye dayanan bilişsel öğrenme kuramı öğrenmede öğrencinin zihinsel işlemlerini ön plana çıkarmakta ve davranışçı kuramdan bu yönü ile ayrılmaktadır. Ancak temelde her iki kuram da bilgi ve bilmeye ilgili nesnelci yaklaşımı benimsemektedir. Davranışçı ve bilişsel kuramda dış dünyada nesnel bir gerçeklik olduğuna inanılmakta, bu kuramlara dayanan öğretimlerde öğrencilere gerçeklik aktarılmaya çalışılmaktadır (Deryakulu, 2001).

1.1.3 Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı

Yapılandırmacı kuram bilginin ne olduğu ve bilmenin ne anlama geldiği ile ilgili, nesnelci yaklaşımdan oldukça farklı bir felsefik bakış açısına sahiptir. Yapılandırmacı yaklaşımın temelinde bilginin dış dünyada bireyden bağımsız olarak varolmadığı ve dışarıdan bireyin zihnine aynen aktarılmadığı fikri yer almaktadır. Bireyin edilgen halini reddeden yapılandırmacı yaklaşım, zihinde *bilgiyi yapılandırması* görüşü ile bireye etkin bir rol yükler (Deryakulu, 2001). Murphy'e (1997) göre yapılandırmacı yaklaşım, davranışçı akıma karşı bir görüş olarak ortaya çıkmıştır. Yapılandırmacı yaklaşıma göre bireyler bilgiyi kendi yaşantısı yolu ile yapılandırarak algılamaktadır. Bilgi pasif olarak sürekli dışarıdan alınan bir olgu değildir.

Yapılandırmacı yaklaşıma göre öğrenciler fen öğreniminde fiziksel dünya ile etkileşim içindedir. Öğrenciler, fiziksel dünyaya ait bazı fikir veya kavramlarla öğrenme ortamlarına gelirler. Öğrenciler doldurulmayı bekleyen boş kap değildir. Öğrencilerin fen sınıflarına getirdikleri kavramları genel olarak bilim adamlarının bu zamana kadar yapılandıkları bilimsel bilginin son halinden farklı olabilir. Öğrencilerin bu fikirleri ya da kavramları değişime karşı dirençlidir ve öğrenmenin önüne sağlam bir bariyer koyar. Yapılandırmacı öğrenme kuramı, öğrencilerde var olan, bilimsel bilgiyle uyumlu ya da uyumsuz bu kavramları yeni kavramların yapılandırılmasında öğretmenler için kullanışlı bir fırsat olarak görür (Tytler, 2002). Alan yazında öğrencilerin var olan kavramları Pine ve West (1986) “tabii bilgi”,

Driver ve Easley (1978)“alternatif kavramlar”, Helm (1980) “kavram yanılgıları”, Gilbert, Watts ve Osborne (1982) “çocukların bilimi” şeklinde adlandırmıştır.

Yapılandırmacı öğrenme kuramına göre; öğrenme ve öğretme eş anlamlı kelimeler değildir. Öğreticiler çok yetenekli olsalar da, öğrencilerin her zaman öğrenemeyecekleri vurgulanmaktadır. Bilgi öğrenenin zihninde yapılandırılır. Bilginin öğretmenin kafasından tüm kavram ve ilişkileri ile hiçbir değişikliği uğramadan öğrenenin kafasına geçmesi imkânsızdır (Bodner, 1986). Öğrenenlerin öğretim ortamından ne kazandıkları, öğretim öncesinde sahip oldukları bilgilerin ya da kavramların ne olduğuna ayrıca öğretim ortamının onlara ne sağladığına bağlıdır. Bu nedenle öğrencilerin ön bilgileri, varsa kavram yanılgıları dikkate alınarak öğretim tasarımı yapılmalıdır (Özmen, 2004).

1.1.3.1 Bilişsel Yapılandırmacı Kuram

Piaget'in kurucusu olduğu bilişsel yapılandırmacı kuramda üç terimden ve öğrenmeyi açıklayan iki süreçten söz edilir. Piaget'e göre bu üç terimden ilki bir problemi çözmek ya da herhangi bir amaca ulaşmak için tekrarlanarak kullanılabilen zihinsel *şemalardır*. İkinci terim anlamaya yardımcı olan *kavramlar* ve üçüncüsü de bilgi ve fikirlerin zihinde organize edilmiş hali olan *yapılardır*. (Yurdakul, 2005; Aktaran Anıl, 2010). Bilişsel öğrenme kuramcılarında olan Piaget'e göre öğrenci zihninde yapılandığı şemalar ile yeni karşılaştığı durumu açıklamaya çalışmaktadır. Mevcut şemaları karşılaşılan yeni durumu açıklamakta yetersiz kaldığında öğrenci, mevcut şemasını yeniden yapılandırmaktadır. Öğrenmeyi duysal kayıt, kısa süreli ve uzun süreli bellek sisteminden ziyade şemaların yeniden yapılandırılması ile açıklayan Piaget bu anlamda yapılandırmacı yaklaşım çerçevesinde bilişsel yapılandırmacı öğrenme kuramını oluşturmuştur.

Piaget öğrenmeyi iki başlıkta açıklamaktadır. Öğrencilerin yaşamlarında karşılaştıkları olayları açıklamakta kullandıkları zihinsel *şemaları* vardır. Öğrenci, yeni bir durumla karşılaştığı zaman zihnindeki mevcut şemalarını kullanarak açıklama yapmaya çalışır. Bu duruma özümleme (asimilasyon) denilmektedir. Öğrenci, mevcut şemalarının problemi çözmekte yetersiz kaldığının farkına vardığında, zihninde yeni bir organizasyon süreci başlatır. Bu durum bilişsel

yapılandırmacı öğrenmede yerleşme ya da uyum kurma (accommodation) şeklinde adlandırılır. Piaget'e göre yerleşmenin kalıcı bir şekilde olabilmesi için, öğrencinin mevcut kavramından hoşnutsuzluk duyması gereklidir. Yeni bilgi ya da kavram ona akılcı ve mantıklı gelmelidir. Öğrenci yeni durumun kendisi için işe yarar olduğunu düşünmelidir. Öğrenci yeni kavram konusunda ikna edilmelidir (Marin, Benarroch ve Gomez, 2000). Piaget'in zihinsel gelişim kuramı bilişsel yapılandırmacılığın temelini oluşturmuş ardından yapılandırmacılıkta başka yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Bunlar radikal yapılandırmacı yaklaşım ve sosyal yapılandırmacı yaklaşımdır.

1.1.3.2 Radikal Yapılandırmacı Kuram

Radikal yapılandırmacı kuramın kurucusu Ernst von Glaserfeld, bilginin doğasının felsefik nedenleri üzerinde çalışarak, gelişimi, doğası, işlevleri ve amaçları itibari ile bilgiyi ve bilmeyi tanımlamıştır. Bilgi sosyal ortamda etkileşim içinde algılama yolu ile oluşturulur. Glaserfeld bilginin pasif bir şekilde dışarıdan etkiler ile değil aktif bir şekilde bireyin kendisi tarafından oluşturulduğunu ifade etmektedir. Bireyin içinde bulunduğu sosyal yapı ve bu yapıyla olan etkileşimi bilginin oluşmasında önemli bir unsurdur. Bilginin oluşumu için algılama gereklidir. Algılama ve sonrasında algılama ile bilgi, sosyal çevreye çok daha iyi uyum sağlar. Algılama bireyin kendi dünyasını organize etmesi için ön koşuldur. Radikal yapılandırmacı kuram öğreticilerin bilimsel bilgiyi öğrenciye aynen aktarabilme ihtimalini reddeder (Glaserfeld, 1989).

Glaserfeld'e göre öğrenme öğrencilerin kazandıkları deneyimlerin, kabul edilebilir yorumlara uymasındadır. O'na göre öğrenmede amaç gerçeği bulmak değil, deneyimleri mümkün olduğunca iyi yorumlamaktır. Evrende bir gerçek varsa bile bu tam olarak bulunamaz. Çünkü her bireyin algısı bir diğerinden farklıdır (Glaserfeld, 1989). Görüldüğü gibi radikal yapılandırmacı kuram, fiziksel gerçeğin bulunmasından çok algılar üzerinde durmakta, kazanılan deneyimlerin zihinde yarattığı algıların doğru yorumlanmasının önemini vurgulamaktadır. Ayrıca radikal yapılandırmacı kuram, Piaget'in bilişsel yapılandırmacı kuramından, öğrenmede öğrencinin sosyal ortamına vurgu yaparak ayrılmaktadır.

1.1.3.3 Sosyal Yapılandırmacı Kuram

Sosyal yapılandırmacı öğrenme kuramının kurucusu Vygotsky dilin doğru kullanımı üzerinde durmaktadır. O'na göre; bilginin, sosyal etkileşim yolu ile oluşması ve sosyal kabul görmesi gereklidir. Vygotsky, dilin kullanımının insanların etkileşim kurmaları için en önemli olgu olduğunu savunmuştur (Marin, Benarroch ve Gomez, 2000).

Piaget'in bilişsel yapılandırmacı ve Glaserfeld'in radikal yapılandırmacı kuramı bireyin aktif olması üzerinde dururken, sosyal yapılandırmacı kuram çevrenin aktif olması üzerinde durmaktadır. Bilişsel yapılandırmacı kuramda bilgi çevreden bağımsız olarak zihinde oluşur. Vygotsky'e göre bireyi dış çevreden soyutlamak ve çevrenin bilgi üzerindeki etkisini yok saymak mümkün değildir. Vygotsky bireyin gelişim dönemlerinden çok, bireylerin yetişkinlerin rehberliğinde neler başarabilecekleri konusu ile ilgilenmiştir. Vygotsky'e göre birey öğrenirken yakınsal gelişim alanı denilen bir süreçten geçmektedir. Yakınsal gelişim alanı, bireye öğrenme sürecinde öğretmen veya aile gibi yetenekli yetişkinlerin yardım ettikleri süreç olarak tanımlanmıştır. Vygotsky, öğrenmede sonraki aşama olarak kişinin kendi katkısını gösterir. Bu katkıyla yetenek geliştirmekte, sonrasında içselleştirme ve yeniden otomatikleştirme aşamalarına ulaşılmaktadır. Kişi belli yeteneklerini içselleştirip, otomatikleştirdiğinde yeni ve hiç bilmediği durumlarla karşılaşmaktadır. Kişi karşılaştığı durumda yeniden yakınsal gelişim alanına dönmekte, bu döngü sürüp gitmektedir. Kişinin yakınsal gelişim alanı genişledikçe hiç öğrenemeyecekleri daralmaktadır (Tharp ve Gallimore, 1988).

1.1.4 Yapılandırmacı Öğrenme Kuramından

Kavramsal Değişime Doğru

Piaget'in bilişsel yapılandırmacı kuramına göre Karplus ve arkadaşları (1976) tarafından fen öğretimi amacıyla tasarlanan öğrenme döngüsü modeli (learning cycle) üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama olan *keşfetme* aşamasında öğrencilerin dikkatleri kavram üzerine çekilir. Bu aşamada öğretmenin görevi öğrencilerin öğretim öncesindeki ön fikirlerini, ön kavramlarını yanlış kavramalarını ortaya çıkarmaktır. İkinci aşama olan *kavramın tanıtımı* aşamasında öğretilmek istenen

kavramla ilgili öğrencilere zengin öğrenme deneyimleri sunulmaya çalışılır. Öğretmen; grup çalışması, sınıf tartışması gibi öğrencilerin aktif olduğu yöntemlerle dikkati öğrenilecek kavrama odaklamaya çalışmaktadır. Üçüncü aşama olan *kavramın uygulanması* aşamasında öğretmen, öğrencileri kavramlarla ilgili yeni öğrendiklerini, ön bilgileri ile karşılaştırıp, sorguladıkları ve değiştirdikleri bir ortam oluşturmaya çalışmakla birlikte öğrenilenlerin yeni durumlara uyarlanması için fırsat niteliği taşıyan sorular yöneltmektedir (Osborne ve Wittrock, 1983).

White ve Gunstone' a (1986) göre; bilginin yapılandırılması süreci için geliştirilen öğrenme döngüsü modeli daha sonraki dört aşamalı model için temel oluşturmuştur. Dört aşamalı modelde 1) *Keşfetme*, 2) *Kavrama odaklanma*, 3) *Mücadele etme*, 4) *Kavramı uygulama* aşamaları bulunmaktadır. Daha sonra Bybee (1997) yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı dört aşamalı modeli, beş aşamalı bir öğretim modeli olan *5E* modeline dönüştürmüştür. Zaman içinde *5E* modeli üzerine de eklemeler yapılmış ve model son olarak *7E* modeli haline getirilmiştir. Modellerin içerikleri, yeterlilikleri birçok araştırmanın konusu olmuştur. Ancak bu araştırmalar için özellikle dikkat çeken noktalar, öğrencilerin ön kavramlarına önem vermeleri ve öğretimi bu kavramlara hitap edecek şekilde tasarlama çabalarıdır. Ayrıca amaç öğrencide var olan kavramı bilimsel olanı ile değiştirmektir. Pfundt ve Duit'e (1991) göre yapılandırmacı yaklaşım temel alınarak yapılmış araştırmaların çoğunluğunda öğrencilerin mevcut kavramlarının analizi, kavram yanlışlarının belirlenmesi, kavram yanlışlarını giderecek öğretimin tasarlanması ve öğretimin ne derece etkin olduğunun belirlenmesi üzerinedir. Bununla birlikte bu araştırmalarda büyük bir çoğunlukla öğrencilerde öğretim öncesinde gözlenen ön kavramların bilimsel bilgidan uzak olduğu da rapor edilmektedir. Araştırmacılara göre öğrenciler fen sınıflarına kendi zihinsel süreçlerinin ve günlük yaşamlarındaki deneyimlerinin bir ürünü olan algı ve kavramları ile birlikte gelmektedir (Driver, Guesne ve Tiberghien, 1985; Tytler, 1998). Bu kavramlar öğrencinin zihninde uzun süredir yer etmiş, derin köklere sahip, değişime karşı dirençli yapılardır (Tytler, 2002; Duit ve Treagust, 2003). Bu nedenle öğrenmenin önüne sağlam bir bariyer koymaktadır. Öğrencinin bu kavramlardan hoşnutsuz duruma geçerek, yeni ve bilimsel kavramı öğrenmesi Posner, Strike, Hewson ve Gertzog'un (1982) kurduğu Kavramsal Değişim Teorisinin temellerini oluşturmuştur.

1.1.5 Kavramsal Değişim

Bu bölümde kavramsal değişim teorisi, Pintrich Devrimi öncesinde kavramsal değişime yapılan katkılar, kavramsal değişim teorisine yönelik eleştiriler, kavramsal değişimde sıcaklığı yükselten duyuşsal unsurlar, kavramsal değişime biliş düzeyinde eklenen son kavram olan üst biliş ile birlikte kavramsal değişimde ılık ve sıcak eğilim konuları üzerinde durulacaktır.

1.1.5.1 Kavramsal Değişim Teorisi

Treagust ve Duit'e (2008) göre kavramsal değişim 1970'lerden bu yana öğrenme ve öğretme üzerine yapılan araştırmalarda ciddi derecede pay sahibidir. Kavramsal değişimin öğrencilerin bilimsel bilgiye ulaşmalarında sağlam bir çatı oluşturup oluşturmadığı her zaman dikkate değer bir konu olmuştur. Glynn ve Duit'e (1995) göre kavramsal değişimin açıklanabilmesi için kavramın tanımlanması önemlidir. Kavram, benzer özellikler taşıyan olaylar, nesnelere, fikirler ya da yaygın özel davranışlara sahip olayların ortak adıdır. Bilimin, bilimsel bilginin düzenlenmesinde etkili olan kavramlar, aynı zamanda başka kavramların bulunması ve bu kavramlar arasındaki ilişkilerin kurulmasında rol oynarlar (Bedir, 2007). Glynn ve Duit'e (1995) göre kavramlar öğrencilerin bir olay ya da nesneye ait zihinsel modelleridir. Kavramsal değişim, evrendeki olguların öğrencilerin zihninde bırakmış olduğu izler olan ön kavramların, bilimsel olan kavram ile değiştirilme sürecidir (Posner ve arkadaşları, 1982).

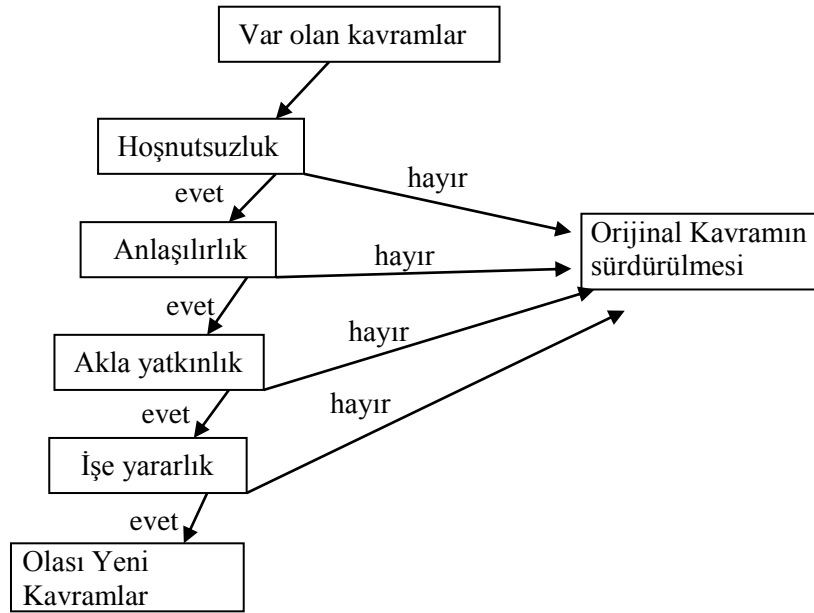
Kavramsal değişim teorisi (KDT) ilk olarak Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilmiş olup temelleri Piaget'in bilişsel gelişim kuramına dayanmaktadır. Posner ve arkadaşları'na (1982) ait KDT, Kuhn (1970) tarafından öne sürülen bilimsel devrim teorisinden esinlenilerek oluşturulmuştur. Kuhn'a (1970) göre bilim adamları yeni bilimsel devrimler yapabilmek için paradigmalarını değiştirme ihtiyacı duyabilmektedirler. Bazı durumlarda bilim adamlarının kullandığı paradigmalarda çalışmakta oldukları gerçekleri bilimsel olarak açıklamalarına izin vermez. Bu durumda bilim adamları mevcut paradigmalardan hoşnutsuz olarak bir dengesizlik yaşarlar (Zhou, 2010). Posner ve arkadaşlarının (1982) deyimiyle artık bilim adamlarının yeni bir kavrama ya da dünyayı görmek için yeni bir yola

ihtiyaçları vardır. Bu süreç bilim adamlarını bilim üretmekten çok felsefik tartışmalara sürükler. Tartışmalar yeni bir paradigmanın doğması ile sonuçlanır ve yetersiz olduğunu düşündükleri eski paradigmalarını terk ederler. Yeni paradigmaları sorunu ztmekte bilim adamlarına yardımcı olmaktadır. O nedenle tekrar bilim üretme sürecine girerek çalıştıkları fiziksel olayı açıklarlar (Zhou, 2010). Görüldüğü gibi Kuhn'ın (1970) bilimsel devrim teorisi ile Piaget'in bilişsel yapılandırmacı öğrenme kuramı birbirine benzemektedir. Posner ve arkadaşlarını (1982), Piaget'in *gelişim* vurgusundan ziyade, Kuhn'ın (1970) *devrim* vurgusu daha çok etkilemiştir.

Posner ve arkadaşları (1982) tarafından nerilen KDT'ye göre öğrenciler, yeni bir durumla karşı karşıya geldiklerinde mevcut kavramlarını kullanmaya çalışmaktadır. Bu aşama kavramsal değişimin ilk aşamasıdır ve *zmleme* (assimilation) olarak adlandırılır. Ancak bazı durumlarda öğrencilerin mevcut kavramları, karşılaştıkları yeni olayı başarılı bir şekilde açıklamalarına izin vermez. Bu durum öğrencide bir hoşnutsuzluk hali yaratır. Öğrenci var olan kavramını değiştirmek ya da yeniden organize etmek ihtiyacı duyar. Bu aşama kavramsal değişimin ikinci aşaması olan “yerleşme” (accomodation) fazıdır.

Öğrencilerin n kavramları, yeni karşılaşılan durumu ya da problemi açıklama bakımından yetersiz bulunuyorsa yüksek olasılıkla reddedilecektir. Öğrencilere tanıştırılan yeni kavram problemi zebilme potansiyeli gösteriyorsa, ğrenci tarafından kabul görme olasılığı yüksektir. Posner ve arkadaşlarına (1982) göre kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi verilen şu durumların gerçekleşmiş olması gereklidir. 1) ğrencinin zihninde var olan kavramla çatışan bir durum olmalıdır. Öğrenci var olan kavramının karşılaştığı problemi ztmekte yetersiz olduğunu görmeli, aykırı bir durum olduğunu düşünerek (anomalies) bu aykırılıktan hoşnutsuz olmalıdır. 2) ğrenciye sunulan yeni kavram kolay anlaşılır olmalıdır. Öğrenci yeni kavramın, karşılaştığı problemin zmne yardımcı olacağına inanmalıdır. Posner ve arkadaşları (1982) bu aşamada kavramın kolay anlaşılır hale gelmesinde mecazlar (metafor) ve benzetmeler (analoji) kullanılabileceğini ifade etmektedir. 3) Yeni kavramın mantıklı ya da akla yatkın olması gereklidir. Öğrencinin bu zamana kadar zihninde yapılandırığı kavramlarla uyum sağlayabilmedir. 4) Yeni kavram öğrencilere yeni ufuklar açabilmeli, öğrencileri yeni araştırmalar yapma noktasında cesaretlendirmeli, genişletilebilme ve yeni durumlara

uyarlanabilme potansiyeline sahip olmalıdır (Hewson, 1981; Hewson ve Hewson, 1983; Posner ve arkadaşları, 1982; Hewson ve Thorley, 1989).



Şekil 1.1: Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen kavramsal değişim modeli, Dole ve Sinatra'dan (1998) alınmıştır.

Şekil 1.1' de Posner ve arkadaşları tarafından KDT'ye dayalı olarak önerilen Kavramsal Değişim Modeli (KDM) görülmektedir. Dikkat edilirse model, yalnızca öğrencinin hoşnutsuzluk yaşamasına ve yeni kavramın özelliklerine dayanmaktadır. Eğer hoşnutsuzluk yaşanmaz ya da yeni kavram modeldeki özelliklerinden birini taşımazsa öğrenci mevcut kavramını kullanmaya devam edecektir. Eğer yeni kavram, bilişsel çatışma yaratarak öğrenciyi mevcut kavramından hoşnutsuz hale getirilmişse, ayrıca anlaşılır, akla yatkin ve işe yarar olarak algılanmışsa öğrencide kavramsal değişim gerçekleşecektir. Posner ve arkadaşlarına ait KDM, daha sonraları bazı yönleri ile bazı araştırmacılar tarafından eleştiri alacak ve *soğuk kavramsal değişim* şeklinde nitelendirilecektir.

Posner ve arkadaşları (1982) KDT'yi temelde iki soruyu yanıtlama üzerine kurguladıklarını ifade etmektedir. Onlara göre yanıtlanması gereken ilk soru hangi durumlarda mevcut kavramın diğeri ile değiştirilebileceğidir. İkincisi ise "yeni kavramın seçilme sürecini yöneten kavramsal ekolojinin özellikleri nelerdir?" şeklindedir. İlk sorunun yanıtı olan kavramsal değişimin sağlanabilmesi için

öncelikli şart bilişsel çatışmadır. Öğrencinin bilişsel çatışmayı sağlayabilmesi için var olan kavramına ilişkin bir kavramsal ekolojiye sahip olması gereklidir (Hewson ve Hewson,1984). Bununla birlikte yeni kavramın öğrencinin var olan kavramsal ekolojisine uyabilmesi (yerleşme) için mantıklı ve akla yatkın olmalıdır. Bahsedilen kavramsal ekoloji öğrencinin var olan kavramı ve onunla ilgili zihinsel süreçler anlamına gelmektedir. Yeni kavramın akılcı ve mantıklı gözükmesi için bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Öğrenciler sahip olduğu fikirler ve metafiziksel inançlarıyla yeni kavramın tutarlı olduğunu düşünmelidir. Yeni kavram öğrencilerin o ana kadar öğrendiği kavram, ilke ve teorilerle ayrıca öğrencinin kendi deneyimleri ile tutarlı olmalıdır. Yeni kavram öğrencilerin sorabileceği; “dünya nedir”, “neye benzer”, “hangi prensiplerle çalışır” gibi sorulara yanıt vermelidir. Yeni kavram akla yatkın, mantıklı ve işe yarar olma özelliklerine sahip olmalıdır. Posner ve arkadaşları (1982) öğrencideki mevcut kavramın değiştirilmesinin oldukça güç olduğunu, ancak bu güçlüğü üstesinden yeni kavramın az önce belirtilen özellikleri ile gelinebileceğini belirtmektedir.

Yerleşme öğrencinin kavramsal ekolojisindeki radikal değişimdir. Yerleşme, yeni kavramın içselleştirilmesini ifade etmektedir. Kavramsal ekolojinin 1) *Anomaliler*, 2) *Bilgi ve bilim hakkındaki temel varsayımlar* başlıklı iki önemli özelliği “yerleşme” (kavramsal değişimin) sürecinin gerçekleşmesini sağlamaktadır (Posner ve arkadaşları, 1982). Kuhn'ın (1970) bilimsel devrim teorisinde belirttiği bilim adamlarının paradigmaları konusunda yaşadıkları *krize* benzer şekilde, aykırılıklar (anomalies) öğrenciler için bilişsel çatışma anlamı taşımaktadır. Bilişsel çatışma da öğrencinin kavramsal ekolojisini yerleşme (kavramsal değişim) için hazırlamaktadır. Bununla birlikte öğrenciler için aykırılıklar (anomalies) eski kavramdan hoşnutsuzluk duyulması ve yeni kavramın kabul edilmesinde etkilidir.

1.1.5.2 KDT'nin Doğuşundan, Pintrich Devrimine Kadarki

Süreçte Kavramsal Değişim

Strike ve Posner (1992) ile Hewson ve Thorley (1989) kavramsal değişim teorisindeki bilişsel unsurlara aynen vurgu yapmakta ancak bazı noktalarda kavramsal değişim modeline eklentiler yapılması gerektiğini belirtmektedir. Araştırmacılar öğrencilerin kavramsal ekolojilerini açıklamak için motivasyon, amaç

ve sosyal içerik gibi faktörlerin daha fazla göz önüne alınması gerektiğini ifade etmektedir. Kavramsal ekolojideki bilimsel ve bilimsel olmayan kavramların bu faktörler ile etkileşimini belirlemek gereklidir.

Hewson ve Hewson (1992) kavramsal değişim modelinde değişikliğe giderek kavramsal değişim sürecini "statülerin değişimi" olarak tanımlamıştır. Öğrencilerin kavramsal ekolojilerinde eski kavramlara ait statüler bulunmaktadır. Hewson ve Thorley (1989)'e göre anlaşılabilirlik, akla yatkınlık ve işe yararlık özelliklerini sağlama düzeyi yeni kavramın statüsünü oluşturmaktadır. Yeni kavramın statüsü daha akılcı ve akla yatkın bulunduğu eski kavramlara ait statüler terk edilirken yerlerini yeni kavrama ait statüler almaktadır. Kavramsal değişim, kavramların statülerinin azalması ya da artması biçiminde açıklanabilir. Hewson ve Hewson'a (1984) göre öğrenci, birbiri ile çatışan potansiyel iki kavramla karşılaştığında (cognitive conflict) ortaya çıkabilecek iki olası sonuç bulunmaktadır. Öğrenci her iki kavramla ilgili bir bilgiye sahip değilse her iki kavramda mantıklı gelebilmekte ve böylelikle çatışma gerçekleşmemektedir. Öğrenci iki kavramı karşılaştırıp ve onların birbiri ile çatıştıklarını düşünürse süreç kavramın birinin reddedilip diğerinin kabul edilmesi ile sonuçlanır. Öğrencinin bilişsel çatışmayı sağlayabilmesi için var olan kavramına ilişkin bir kavramsal ekolojiye sahip olması gereklidir (Hewson ve Hewson,1984).

Carey'e (1985) göre; özümleme aşamasında yeniden yapılanma bulunmamaktadır. Ancak yerleşme sürecinin, yeniden yapılanma ile kavramsal değişimin gerçekleştiği aşama olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte Carey (1985) yerleşme ya da düzenleme (accomodation) sürecinin *zayıf yeniden yapılanma* ve *güçlü yeniden yapılanma* olmak üzere iki şekilde sonuçlanabileceğini ifade etmektedir. Hewson ve Hewson (1992) kavramsal değişimdeki yerleşme (düzenleme) sürecini zayıf kavramsal düzenleme ve güçlü kavramsal düzenleme olarak iki grupta ele almıştır. Güçlü düzenleme mevcut kavramın reddedilip, yenisinin kabul edilmesidir. Zayıf düzenleme ise mevcut kavramın tam olarak reddedilmeden genişletilmesi ya da geliştirilmesi anlamı taşımaktadır.

Başta Vosniadou (1994) olmak üzere, Chi ve arkadaşları (1994) ve Thagard (1992) çalışmalarında kavramsal değişimde gelişim odaklı bir yaklaşım benimsemiştir. Öğrencilerin kavramlarının deneyimler ile gelişimi sağlanmalıdır. Bu

araştırmacılarından Thagard (1992), zayıf düzenleme sürecinde mevcut kavramların yeni kavramlarla desteklenmesi ve geliştirilmesi üzerinde durmuştur. Bununla birlikte güçlü düzenleme sürecini; ilkinin kavramlar arasındaki ilişkilerin kurulduğu, ikincisinin de farklı kavramlar arasında ortaya çıkan reform niteliğinde bir değişimi ifade ettiği iki grupta incelemektedir. Güçlü düzenleme sürecinde kavramlar arasında ilişkilerin kurulduğu bölümü mecaz bir anlatım ile "dallar arasında gezinti", farklı kavramlar arasında gerçekleşen daha kapsamlı ikinci bölümü ise "ağaç değiştirme" şeklinde açıklamaktadır. Chi ve arkadaşları (1994) kavramsal değişime yönelik önerileri de Thagard (1992) ile uyum göstermektedir. Niedderer'ın (1987) başını çektiği bir akımda kavramsal değişimde gelişimi çok daha belirgin bir şekilde vurgulamıştır. O'na göre öğrencilerin kavramlarını değiştirmek için sürekli çabalamak anlamsızdır. Öğrencilerin deneyimleri artırılmalıdır. Görüldüğü gibi 1982 yılından özellikle 1994 yılına kadar kavramsal değişim üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında araştırmacıların kavramsal değişimin aşamaları üzerinde bazı felsefik ve bilimsel (epistemolojik) düzenlemeler yaptıkları ancak tüm bu düzenlemelerin biliş düzeyinde kaldığı görülmektedir.

1.1.5.3 Kavramsal Değişimde Pintrich Devrimi ve KDT'nin Eleştiri Alan Yönleri

1982 ile 1993 yılları arasında yapılan araştırmalarda, kavramsal değişime dayalı öğretimlerin yapıldığı sınıfların geleneksel yöntemle öğretim yapılanlara göre kavramsal değişimi bilimsel yönde gerçekleştirme bakımından daha başarılı olduğu rapor edilmektedir (Duit ve Treagust, 2003). Birçok çalışmada kavramsal değişime dayalı yapılan öğretimlerin öğrenme üzerindeki olumlu etkileri ortaya çıkarılmıştır (Dreyfus, Jungwirth, ve Eliovitch, 1990; Tsai, 2001; Vosniadou, 1999). Ancak özellikle 1993 yılından sonra araştırmacılar, KDT'ye *soğuk* ve *klasik* nitelermeleri yaparak, sınırlılıklarını tartışmaya başlamıştır.

İlk olarak, kavramsal değişimin sadece bilişsel yapıyı dikkate alan, bireyin duyuşsal özelliklerini ve bireyin içinde bulunduğu motivasyon gibi kapsama bağlı özelliklerini dikkate almayan yapısı eleştirilmiştir (Pintrich, Marx ve Boyle, 1993; Lee ve Anderson, 1993; Vosniadou ve Ioannides, 1998; Limon, 2001; Duit ve Treagust, 2003). Pintrich ve arkadaşları (1993) KDT'nin yalnız bilişsel öğelere

değınmesini *soğuk kavramsal değişim* olarak adlandırmıştır. Pintrich ve arkadaşları (1993) kavramsal değişim sũreci ile motivasyonun ilişkili kavramlar olduklarını belirterek, KDT'ye yœneltilikleri eleştirinin odağına motivasyonun dikkate alınmamış olmasını koymaktadır.

Kavramsal değişimin ani değişim gerektiren yapısı bazı araştırmacılar tarafından klasik nitelmesi ile eleştirilmektedir (Vosniadou, 1994; Vosniadou ve Ioannides, 1998). Vosniadou (1994) œđrencilerin hoşnutsuzluk duyduğu mevcut kavramından bilimsel olan yeni kavrama ani bir geçiş yapması yerine, yeni kavramın *gelişimsel* bir yolla œđrenilmesine vurgu yapmıştır. O'na gœre kavramsal değişim, œđrencinin zihnindeki evreni açıklayan modelin aşamalı değişimidir. Clement, Brown ve Zietsman (1989) œđrencilerin zihnindeki bilimsel gœrũle uyumlu kavramlarının œnemini belirtmiştir. Araştırmacıların verdikleri œrnek œnerilerinin anlaşılması açısından œnem taşımaktadır. Őđrencileri çoğu durgun cisimlerin kuvvet uygulayacağı bilgisine direnç gœsterebilir. Bununla birlikte aynı œđrenciler için bir yayın sıkıştırıldığında, sıkıştıran kuvvete ters yœnde bir tepki kuvveti uygulayacağı rahatlıkla kabul edilebilir bir durumdur. Bu durumda, yaylarla ilgili œđrencilerin sahip olduğu bilgiler “kœprũ” olarak kullanılabilir. Bœylece, œn kavramlarla yeni œđrenilecek kavram arasında bir bağlantı kurularak, œnceki kavrama eklemeler yapılabilir. Vosniadou'ya (1994) gœre yeni kavramın yerleşme sũreci kendisinin zenginleşme dediği gelişimsel bir biçimde gerçekleşir. Őđrencinin yıllar boyu gũnlũk yaşantısını açıklayan mevcut kavramını aniden değiştirmek hiç de kolay bir iş değildir. Duit ve Treagust (1998) ve Tytler (2002), œđrencilerin gũnlũk deneyimlerinden kazandıkları inançlarının kavramsal değişimin gerçekleşmesinin œnũndeki œnemli bir engel olduğunu ifade etmektedir.

Kavramsal değişime dayalı yapılan œđretimlerin yer aldığı çalışmalardan bazılarında araştırmacılar, œđrencilerin birçok durumda anlamlı bir bilişsel çatışmayı oluşturamadıklarını ya da fikrinden hoşnutsuz olma durumuna geçemediklerini rapor etmişlerdir (Chan, Burtis ve Bereiter, 1997; Dykstra, Boyle ve Monarch, 1992). Dreyfus ve arkadaşları (1990) ile Chan ve arkadaşları (1997), bilişsel çatışmanın œđretmen için anlamlı olsa da œđrenciler için anlamlı olmayabileceğini rapor etmişlerdir. Scott, Asoko ve Driver'a (1992) gœre ise œđrenci anlamlı bilişsel çatışmayı oluştursa bile bunun kavramsal değişimle sonuçlanacağı kesin değildir.

Öğrencinin kavramsal değişim için istekli olması gerekir. Limon (2001) öğrencilerin konunun içeriğine motive edilmeleri gerektiğini belirtmektedir. Bununla birlikte mevcut kavramla ilgili ekolojinin hareket geçirilmemesi durumunda öğrencinin bilişsel çatışmayı yaşayamayacağını belirtmiştir. Görüldüğü gibi alan yazında KDT'nin en çok eleştiri alan yönlerinden biri, bireyin motivasyonunu dikkate almayan *soğuk* yapısıdır. Bu nedenle sonraki bölümde motivasyon kavramı ve kavramsal değişimle ilişkisi üzerinde durulacaktır.

1.1.5.4 Sıcaklığı Yükselten Duyuşsal Unsurlar ve Kavramsal Değişim ile İlişkileri

Araştırmacılar, yapılandırmacı yaklaşıma göre motivasyonu "sürekli öğrenmeye yönelten itki" şeklinde tanımlamıştır (Oldfather ve McLaughlin, 1993, s. 3). Gredler ve arkadaşlarına göre (2004) motivasyon kişiyi bir işi yapabilmek için harekete geçiren bir etkidir. Guay ve arkadaşları (2010) kişilerin davranışlarının altında yatan sebepleri motivasyon olarak göstermektedir. Palmer (2005) motivasyonu öğretim açısından değerlendirmiş ve öğrenenlerdeki öğrenme davranışını sürdüren bir etken olduğunu ifade etmiştir. Motivasyon kavramı davranışçı akımın popüler olduğu dönemlerde dışsal olarak tanımlanmıştır. İstendik davranışların ortaya konulması durumunda, öğrenene verilen ödüller sınıf ortamına eklenen dış pekiştireçler dış motivasyonu işaret etmektedir. Ancak davranışçı kuramın aldığı yoğun eleştirilere benzer şekilde dış motivasyon da eleştiri almaya başlamıştır. Öğrenciye ödüller verilerek dış pekiştireçlerin öğretim ortamına sürekli dâhil edilmesinin her öğrencide aynı etkiyi yapmayacağı ayrıca zamanla etkilerini kaybedecekleri ifade edilmektedir (Stipek, 1996). Motivasyon kavramını, bilişsel kuram, Bilişsel Davranışın Düzenlenmesi (Cognitive Behavior Modification) şeklinde adlandırılan yaklaşım ile açıklamaya çalışmaktadır. Öğrencilerin kendi öğrenmeleri üzerindeki kontrollerini artırmalarının öğrenmeye karşı motivasyonlarını artıracaklarını ifade eden bu yaklaşım öğrenme gerçekleştiğinde ancak davranışın devam edebileceğini belirtmektedir (Speidel ve Tharp, 1980; Wall, 1983).

Bilişsel ve davranışçı akımlar içerikleri gereği motivasyonun tanımı konusunda da ayrılıklara neden olmuşlardır. Davranışçı yaklaşım dış motivasyon (extrinsic) ve bilişsel yaklaşım da iç motivasyon (intrinsic) kavramlarını önermiştir.

Harter (1978) iç motivasyonun insanın doğasına daha uygun olduğunu, insanı yeni öğrenmeler ve deneyimler ile yüz yüze gelmesi için cesaretlendiren bir etken olduğunu ifade etmiştir. Ryan ve Deci (2000) iç motivasyonda yapılmak istenenin ilginç, hoşlanılabilir olması, dış motivasyonda ise yapılmak istenenin yapılması sonunda alınacak ödül, ayrıcalık ve dikkatin önemli olduğu görülmektedir. İç motivasyon öğrenmeyi özendirme ve sağlama noktasında dış motivasyona nazaran daha etkilidir (Deci ve arkadaşları, 2001). Csikszentmihalyi ve Nakamura'ya (1989) göre içsel olarak motive olmuş öğrenciler, aktiviteler ile meşgul olmaya isteklidir. Bu öğrenciler kendilerine verilen görevleri yapmaya çalışırlar, sorular sorarlar ve başarısızlıktan çekinirler. Zaman onlar için hızlıca geçer ve ancak öğrendikleri zaman rahatladıkları görülür. Stipek'e (1988) göre içsel olarak motive olmuş öğrenciler bağımsız olarak aktivitelere başlayabilirler. Etkinlikte karşılaştıkları yönergeleri yerine getirmekle beraber özgürce sorular sorarak yeni görevler edinip bu görevler ile de ilgilenirler. Günlük yaşamda karşılaştıkları durumlar ile öğrendikleri arasındaki bağları yönlendirme olmadan kendiliğinden bulmaya başlarlar. Öğrenmenin pozitif duygusunu yaşarlar.

Motivasyon kavramı üzerine bir çalışma da "başarı hedefi" kuramıdır (Ames, 1992; Kaplan ve Maehr, 1999; Pintrich, 2000; Urdan ve Maehr, 1995). Kurama göre; öğrencilerin öğretmen ya da arkadaşların beğenisini kazanma gibi kişisel hedefleri, akademik ya da öğrenme hedefleri ayrıca kendi yeteneklerini ortaya koyarak diğer arkadaşlarından daha yüksek not almak gibi performans hedefleri vardır. Akademik hedeflerin diğerlerine göre kalıcı öğrenme açısından daha önemli oldukları belirtilmektedir. Birçok öğretim yöntemi akademik hedefleri artırmaya yönelik olarak düzenlenmektedir. Ames (1992) sınıf içi görevleri öğrencilerin günlük yaşamlarında karşılaşılabilecekleri konulardan seçmiş ve bu değişikliğin konunun öğrenilmesinde etkili olduğunu gözlemiştir. Kaplan ve Maehr'e (1999) göre öğretim aşamalarında kullanılan işbirlikli çalışmalar öğrencinin motivasyon düzeyini artırmada etkilidir. Ancak araştırmacılar işbirlikli çalışmaların tek başına sürekli olarak kullanılmasına karşı çıkarak, sınıf içinde verilen birçok görevin tartışma ya da bireysel çalışma gibi çeşitli teknikler gerektirebileceğini ifade etmiştir. Öğrencilere yerine getirdikleri görevler için motivasyonlarını artıracak geri bildirimlerde bulunmak, yalnızca yüksek performans için değil yeni çalışmalar geliştirebilmeleri için gereklidir (Xiang, McBride ve Solmon, 2003).

Posner ve Strike (1992) kişinin kavramsal ekolojisini açıklamak için motivasyon, amaçlar, geleneksel ve sosyal kaynaklar gibi daha fazla faktörün göz önüne alınması gerektiğini belirtmektedir. Pintrich ve arkadaşlarına (1993) göre *amaçlar* öğrencilerin davranış ve bilişlerine rehberlik ederek akademik görevlere koşullanmalarını sağlamaktadır. Araştırmacılar davranışın seçimi noktasında amaçların etkin olduğunu bunun da kavramsal değişimin hoşnutsuzluk yaşama aşamasında etkili olduğunu belirtmektedir. Pintrich (1989), Pintrich ve Garcia (1991) çalışmalarında iç motivasyon düzeyi yüksek öğrencilerin öğrenmede test etme, üst biliş ve öz düzenleme gibi derinlemesine işlem stratejilerini daha yüksek düzeyde kullanabildikleri ileri sürmektedirler. Ayrıca araştırmacılar öz yeterlik algısı ile üst bilişsel süreçler arasında bir ilişki olduğunu ve yeni kavramın işe yararlığının değerlendirilmesi aşaması için önem taşıdığını belirtmektedir. Bununla birlikte Pintrich ve arkadaşları (1993) öğrencilerdeki *ilgi* ve *değer inançlarının* kavramsal değişimde etkili unsurlar olduklarını belirtmektedir. Onlara göre bu unsurlar öğrenciyi kavramsal değişimi isteme noktasında olumlu etkilemektedir. Öğrenme süreçlerinde amaç yönelimlerini benimseyen öğrenciler kavramsal değişim için gerekli bilişsel işlemlere daha kolay koşullanabilmektedir. Schunk'a (1985) göre kişinin *öz yeterliliğine* dayalı inançları onların bir akademik görevi yaparken gerek duydukları bilişsel düzeyleri ile ilgili yorumlarıdır. Pintrich ve arkadaşlarına (1993) göre öz yeterlik kavramı da kavramsal değişimde etkilidir. Onlara göre bu kavram kavramsal değişime iki türlü bağlanabilir. İlki; eğer öğrencilerin öz yeterlikleri onların bilişsel düzeylerine ve kavramlarının sağlamlığına olan inançları ise, öz yeterlik kişinin *bilişsel çatışma* yaşama düzeyini de etkilemelidir. Öğrencilerin kendi kavramlarına olan güvenleri ne kadar yüksekse, yeni kavrama olan dirençleri de o kadar güçlü olmalıdır. Kavramsal değişim ile öz yeterlik arasındaki ikinci bağlantı kavramsal değişim süreci ile ilgilidir. Öğrenciler mevcut kavramı ile yeni kavram değişimi aşamasında bilişsel stratejilerini kullanmak durumundadır. Öz yeterlik bu aşamada öğrencilerin bilimsel yöntemi kullanmada kendilerine güvenerek yol almalarını sağlayacaktır.

Pintrich ve Schunk'a (2002) göre motivasyonel ve bilişsel faktörler birbirleri ile etkileşim içindedirler. Ayrıca öğrencilerin öğrenmelerini ve akademik başarılarını etkilemektedirler. Pintrich ve arkadaşları (1993) ile Scott ve arkadaşlarına (1992) göre kavramsal değişimin gerçekleşmesi için öğrencinin kavramsal değişimi

gerçekleştirmek için istekli olması ve bunun için çaba harcaması gerekir. Limon'a (2001) göre anlamlı bilişsel çatışmanın sağlanabilmesi için öğrenciler motive edilmeli ve konunun ilginç yanlarından haberdar olmalıdırlar. Posner ve arkadaşları (1982) öğrencilerin yeni kavramla karşılaştıklarında yaşadıkları bilişsel çatışmayı doğal motive edici bir etki olarak görmektedir. Pintrich ve arkadaşları (1993) ile Limon (2001) öğrencilerin sahip olduğu kavramsal değişim için istekli olma, öğrenme isteğine sahip olma gibi motivasyonel unsurların önemine dikkat çekmektedir. Başka bir çalışmada Zimmerman (2000) öz yeterlik inancının öğrencinin akademik başarısını etkileyeceğini belirtmiştir. Bandura (1987) özyeterlik kavramını kişinin bir işi yerine getirebilmek için gerekli eylemleri başarabilme kapasitesi ile ilgili algısı olarak tanımlamıştır. Ayrıca Bandura (1987) öz yeterlik algısının; motivasyonel süreçleri, bilişsel süreçleri ve duygusal süreçleri etkilediğini de belirtmiştir.

Strike ve Posner'a (1992) göre öğrencilerin öğrenmeye yönelik tutumları öz yeterlik, amaç yönelimleri, derinlemesine işlem stratejileri gibi üç unsura bağlıdır ve kavramsal değişim ile pozitif ilişki göstermektedir. Bireyler kendi deneyimlerine dayanarak bir nesneye, bir simgeye ya da bir olaya yönelik ön eğilimler geliştirir. Bu ön eğilimler tekrar edildikçe belirli kanılar oluşur ve kanılarda zamanla sürekli hazır olma durumuna dönüşür. Bu durum kalıcı ve sürekli olduğu zaman *tutum* adını alır (Akpınar, 2006; Aktaran: Topkara, 2010). Tutum, bireyi davranışa hazırlayıcı karmaşık bir eğilimdir. Tutumların, bilişsel, duyuşsal ve davranışsal olmak üzere üç ögesi vardır ve bu ögeler arasında genellikle iç tutarlılık olduğu varsayılmaktadır. Bir bireyin konuyla ilgili bildikleri tutumların bilişsel ögesini, bu bildikleriyle konuya olumlu bakması ve konuya ilişkin olumlu olması duyuşsal ögesini, bütün bu olumlu bakışlarını sözselsel ya da davranışsal olarak göstermesi, davranışsal ögesini ifade etmektedir (İnceoğlu, 1993; ss.5-15; Aktaran: Erol, 2013). “Portakalda birçok vitamin vardır.” (bilişsel), “Portakala bayılırım” (duygusal), “Her sabah bir portakal yerim” (davranışsal) tutarlı ögelere örneklerdir (Tavşancıl, 2002, s.78; Aktaran: Erol, 2013). Tutumların kavramsal değişimde etkili olduğu belirtilmiş olmasına rağmen kavramsal değişim modellerinde doğrudan kendini gösteren bir kavram olarak karşımıza çıkmamaktadır. Bununla birlikte motivasyon ve tutum bireyin bir akademik göreve başlaması için gerekli ve bir biri ile ilişkili ön koşullar olduklarından kavramsal değişimde etkili oldukları net bir biçimde söylenebilir.

Tyson ve arkadaşları (1997) kavramsal değişim modeline duyuşsal özellikleri eklemiştir. Alsop ve Watts (1997) da kavramsal değişim modeline benlik algısı, ilgi, önem gibi bileşenleri eklemiştir. Kavramsal değişimde sıcak - duyuşsal özelliklerin dikkate alınması Pintrich devriminden sonra üzerinde önemle durulan bir konu olmuştur. Pintrich ve arkadaşlarına (1993) göre motivasyon, öz yeterlilikle, öz yeterlilik de *üst biliş* ile ilişkilidir. Kavramsal değişime en yeni katkılardan biri Yıldız (2008) tarafından yapılmıştır. Yıldız (2008) kavramsal değişime dayalı modellerin üst biliş bileşeninden yoksun olduğunu belirtmiş ve çalışmasında üst bilişe yönelimli sınıf atmosferinin kavramsal değişimi olumlu etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Kavramsal değişime biliş düzeyinde yapılan katkı olan *üst biliş* kavramı aşağıda tartışılmıştır.

1.1.5.5 Üstbiliş ve Kavramsal Değişim İle İlişkisi

Üst biliş kavramına ilk defa Flavell'in 1970'li yıllarda yaptığı çalışmalarda değinildiği görülmektedir. Flavell (1976), önce çocuklar için kullandığı üst hafıza (*metamemory*) terimini daha sonra kişilerin hafıza süreçlerine yönelik bilgiden bahsetmek için de kullanmıştır. Bundan sonra, "üst biliş" terimini kullanmış ve "üst bilişsel bilgi" ile "bilişin düzenlenmesi" kavramlarını da önermiştir (Panaoura, Philippou ve Christou, 2003). Üst bilişe yönelik birçok tanım yapılmıştır. Flavell (1987) üst biliş kişinin bilişsel süreciyle ilgili bilgisi olarak tanımlamıştır. Üstbiliş, kişilerin sahip olduğu bilişsel süreçlerle ilgili bilgisi yanında belli bir problemi çözme sürecini planlama, izleme ve değerlendirme süreçlerini içeren *farkındalık* olarak tanımlanmaktadır (Flavell, 1976).

Flavell (1987) tarafından yapılan üst biliş sınıflaması daha sonra araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Üst biliş ile ilgili araştırmalar sınıflamada özellikle "bilişin bilgisi" ve "bilişin düzenlenmesi" olmak üzere iki bileşen üzerinde durmaktadır. Flavell'in (1987) üst bilişle ilgili sınıflandırmasından sonra yapılan araştırmalarda üst biliş kavramı temel olarak üst bilişsel bilgi (bir kişinin biliş hakkındaki bilgisi) ve üst bilişin düzenlenmesi (biliş düzenleyen bilgilerin kullanımı) olarak iki başlık altında sınıflandırıldığı görülmüştür (Schraw ve Dennison, 1994; Schraw ve Moshman, 1995; Pintrich, 2002).

1.1.5.5.1 Bilişin Bilgisi

Bilişin bilgisi, bireyin kendisi ya da bilişi ile ilgili ne bildiğiyle ilgilidir. Bilişin bilgisi; demeçsel - tanıtıcı (declarative), yöntemsel (procedural) ve koşulsal (conditional) bilgi olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Schraw ve Moshman, 1995; Schraw, 1998). Schraw'a (1998) göre tanıtıcı ya da demeçsel bilgi; kişinin bir öğrenen olarak kendisine, yeteneklerine ve performansını etkileyen etkenlerin ne olduğuna ilişkin bilgisidir. Diğer bir tanımla öğrencinin bilişsel işlemlerinde hangi stratejileri kullanacağını bilmesi ve karar vermesidir (Schraw, Crippen ve Hartley, 2006).

Yöntemsel bilgi, Panaoura, Philippou ve Christou'ya (2003) göre "nasılı" bilmektir. Pierce'ye (2003) göre bir iş yapılırken adımların nasıl uygulanacağına ilişkin bilgisidir. Yöntemsel bilgi, bilgileri öğrenirken öğrencilerin hangi stratejileri, doğru ve verimli olarak kullanacaklarına karar vermeleridir. Bu stratejilerin hangi yönleri ile öğrencilere problemin çözümünde yardımcı olacağına ait bilgisidir (Pintrich, 2002; Schraw, 1998). Açıklamalardan da anlaşılacağı üzere yöntemsel bilgi, tanıtıcı bilginin kullanılması ile ilgili bilgileri içermektedir.

Koşulsal bilgiyi, Munby ve arkadaşları (2003) üst bilişsel bilgiyle, Desoete, Roeyers ve Buysse'ye (2001) ise stratejik bilgi ile eşleştirmişlerdir. Koşulsal bilgi, bir işlemin, becerinin veya stratejinin ne zaman kullanılacağı ne zaman kullanılmayacağı ve hangi şartlar altında çalışıp hangi şartlar altında çalışmadığı bilgisidir (Pierce, 2003). Koşulsal bilgi, bir işlemin ya da stratejinin hangi durumlarda çalışacağı, ne zaman kullanılması gerektiği, onu bir diğerinden üstün kılan özelliğin ne olduğu ile ilgili bilgiyi ifade etmektedir (Demircioğlu, 2008). Koşulsal bilgi kişinin bilişsel işlemlerine ne zaman ve nasıl başvuracağını bilmesidir (Lorch, Lorch ve Klusewitz, 1993).

1.1.5.5.2 Bilişin Düzenlenmesi

Bilişin düzenlenmesi planlama, kendini izleme ve kendini değerlendirme boyutlarından oluşmaktadır (Schraw, 1998). Bu boyutlardan planlama, uygun stratejilerin seçilmesi, amaçların belirlenmesi, zamanı düzenleme ve ön bilgileri

harekete geçirme ile ilgilidir (Schraw ve Moshman, 1995). İzleme ğrencilerin bir problemi zerken performanslarının farkında olmaları ve belirli zaman aralıklarında bilişsel süreçlerini kontrol etmeleri anlamına gelmektedir. Kişinin yeni bir kavramı ğrenirkenki başarı ve başarısızlıklarını değerlendirmesidir (Yörük, 2005).

Değerlendirme boyutu öğrenme işleminin sonucuna ğrenci tarafından değer biçilmesi anlamı taşımaktadır. Öğrenci ğrenme sonrasında ortaya koyduğu ürünü değerlendirir (Schraw ve Moshman,1995). Öğrencinin ğrenme süreci sonunda geri dönüp baktığında hedeflerine ne kadar ulaştığını ve hedeflere ulaşırken göstermiş olduğu çabayı değerlendirir. Öğrencilerden "bu işten alınımın akı ile çıktım" şeklinde bir değerlendirme beklenmektedir (Yıldız, 2008).

1.1.5.5.3 Üst Biliş ve Kavramsal Değişim İlişkisi

Kavramsal değişim üzerinde öğrencilerin öz yeterlik inançları, bilişsel ve üst bilişsel stratejileri etkilidir (Pintrich ve Garcia, 1991; Pintrich, Smith, Garcia ve McKeachie, 1993; Pintrich ve arkadaşları, 1993). Beeth (1998) kavramsal değişimde anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık noktalarında üst bilişsel yönlendirme yapan araçların kullanılmasının olumlu etkisini belirtmiştir. Bununla birlikte Hewson, Beeth ve Thorley (1998)'e göre üst bilişsel aktiviteler ğretimi kolaylaştırmaktadır ki buradan hareketle kavramsal değişiminde kolaylaşacağı yordanabilir. Pintrich ve arkadaşları (1993) öz yeterlik inançlarının kavramsal değişimin yerleşme aşamasında etkili olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin yeni kavramın içselleştirilmesini içeren yerleşme aşamasında üst biliş hareketine geçirmelerinin ikna olma noktasında önemli olduğu düşünülebilir.

Yıldız (2008) kavramsal değişim stratejisinin boyutlarının eksik kaldığını öne sürmüş, kavramsal değişimi üst bilişin etkileyeceğini öne sürmüştür. Kavramsal değişime dayalı olarak yapılan öğretimde, üst bilişe yönelik sınıf atmosferinin öğrencilerin öğrenmelerinde olumlu etkisini göstermiş, böylelikle kavramsal değişime yeni bir boyut olan üst biliş eklemiştir.

Hennessey'e (1993) göre öğrencilerin var olan kavramlarına olan inanışlarının temellerini düşünmeleri, yeni kavramın mevcut olanla çatışan noktalarını yorumlarak

açık hale getirmeleri üst biliş ile ilgilidir. Bu yorumdan kavramsal değişimin yerleşme aşamasında "Yeni kavram anlaşılır. Çünkü..." ya da "Yeni kavram akla yatkın. Çünkü..." ifadelerini kullanma fırsatı verilirse öğrencilerin üst bilişlerinin harekete geçirileceği ve kavramsal değişimin daha güçlü yaşanacağı söylenebilir (Yıldız, 2008).

1.1.5.6 Kavramsal Değişimde İlık Eğilime Doğru

Tyson ve arkadaşları (1997), Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen mevcut kavramsal değişim modelinde yalnız bilişsel unsurların dikkate alınmasını eleştirerek, kavramsal değişim modeline yeni bileşenler eklenmesi gerektiğini belirtmiş ve ontolojik, epistemolojik ve sosyal/duyuşsal boyutlardan oluşan bir kavramsal değişim modeli önermiştir. Şekil 1.2'de kavramsal değişimin çok boyutluluğu görülmektedir.

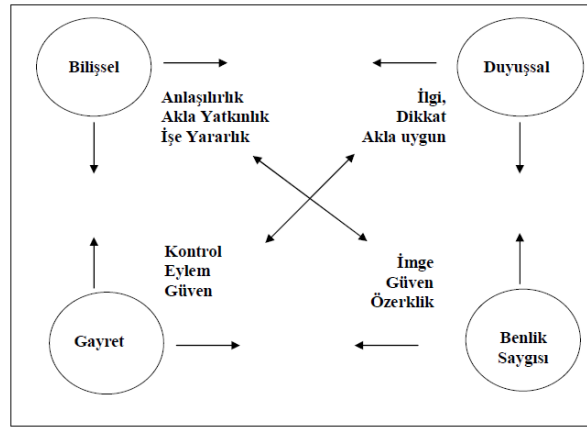


Şekil 1.2: Kavramsal değişimin çok boyutlu yapısı; Tyson ve arkadaşları'ndan (1997) alınmıştır.

Tyson ve arkadaşları (1997) kavramların aslında olması gereken kategoride değil de ontolojik açıdan yanlış bir kategoride sınıflanmış olmasının öğrencinin yeni kavramı öğrenmesini zorlaştırmakta olduğunu savunmaktadırlar. Araştırmacılar, öğrencinin yanlış kategoride olan kavramının doğru kategoriye getirilmesi için bilişsel unsurların yanında, bilginin doğasına yönelik bakış açısının ayrıca sosyal ve motivasyon gibi duyuşsal özelliklerinin dikkate alınması gerektiğini ifade etmiştir.

Alsop ve Watts (1997) bilişsel etkenler ile birlikte duyuşsal etkenlerin de kavramsal değişimdeki önemini belirterek geliştirdikleri modelde; bilişsel, duyuşsal,

gayret ve benlik saygısı olmak üzere dört boyutlu yapı önermiştir (Şekil 1.3). Araştırmacılar bilişsel alandaki boyutta Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen yeni kavramın anlaşılabilirlik, akla yatkınlık, işe yararlık özelliklerine vurgu yapmaktadır. Alsop ve Watts (1997) öğrencilerin ilgilerindeki azalışın onları bilimsel bilgiye inanmaktan uzaklaştıracağını belirterek bilimsel bilginin onlar için akla yatkın gelmemeye başlayabileceğini ifade etmiştir. Alsop ve Watts'ın (1997) önerdikleri kavramsal değişim modelindeki diğer bir bileşen kontrol, eylem ve güven alt gruplarından oluşan *gayrettir*. Gayret, öğrencinin yeni kavramın farkına varması ve harekete geçmesi özelliklerini içeren ve bilişsel olmaktan ziyade motivasyon ile ilgili duyuşsal özelliği olan bir boyuttur. Modelde doğrudan motivasyon kavramına değinilmemiştir ancak gayret boyutu motivasyon ile ilgilidir. Bununla birlikte dikkat edilirse bilişsel alandaki boyutta üst bilişe de değinilmemiştir. Ancak gayret boyutundaki *kontrol* alt boyutu "öğrencinin yeni kavramın özelliklerini fark etmesi" şeklinde tanımlandığından üst bilişin bu modelde dolaylı olarak yer aldığı söylenebilir.

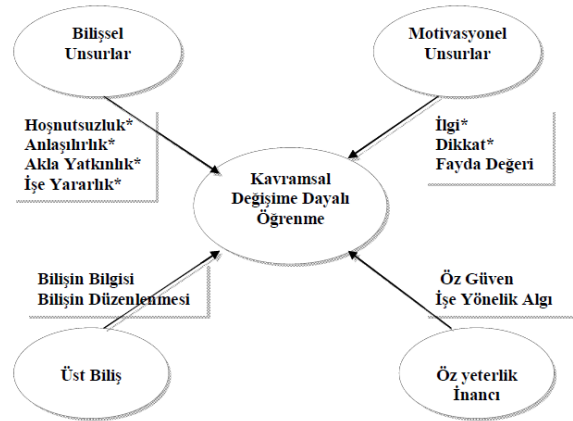


Şekil 1.3: Kavramsal değişimde etkili olan bilişsel ve duyuşsal unsurlar, Alsop ve Watts (1997)'dan alınmıştır.

Alsop ve Watts'a (1997) göre *imge, güven ve özerklik* olmak üzere üç alt boyuttan oluşan *benlik saygısı* da kavramsal değişimde etkilidir. Bu boyut bilimi öğrenme konusunda kendisine ne kadar güvendiği ile ilgili kurduğu cümlelerdir. Alt boyutlardan imge, kişinin karşılaştığı olayları bilimle ne derecede ilişkilendirebildiğine yönelik algısı iken güven, kişinin karşılaştıkları güçlülere rağmen öğrenme sürecinde ısrarcı davranmasıdır. Benlik saygısındaki son alt boyut

olan özerklik, öğrencinin bilimsel konuları takip ederek karşılaştığı sorulara yanıt aramasıyla ilgili motivasyonunu işaret etmektedir (Yıldız, 2008).

Tyson ve arkadaşları (1997) ile Alsop ve Watts (1997) tarafından önerilen kavramsal değişim modellerine bakıldığında duyuşsal unsurların etkilerine değinildiği görülmekle birlikte, Pintrich ve arkadaşlarınınca (1993) sözü edilen motivasyon, öz yeterlik inançları, üst biliş gibi unsurların dikkate alınmadığı görülmektedir. Yıldız (2008) bu eksikliğin üzerine giderek Alsop ve Watts'ın (1997) kavramsal değişim modelini geliştirmiştir. Yıldız (2008), kuvvet hareket konusunun üst bilişsel yönlendirmelerle desteklenmiş 5E modeline dayalı öğretimini gerçekleştirmiş, öğrencilerin kavramsal değişimlerinde üst bilişin olumlu etkisini ortaya çıkarmıştır. Çalışmanın sonunda Alsop ve Watts'a (1997) ait dört bileşenli modele üst bilişi ve motivasyonu eklemiş ve Şekil 1.4'de görülen kavramsal değişim modelini öne sürmüştür. Modeldeki motivasyon bileşeni duyuşsal bir eklenti olması nedeniyle kavramsal değişimde sıcaklığı yükseltmiştir. Bununla birlikte Pintrich ve arkadaşları (1993) tarafından önerilen üst biliş, kavramsal değişime ilk kez Yıldız (2008) tarafından eklenmiştir.



Şekil 1.4: Yıldız (2008) tarafından önerilen kavramsal değişim modeli.

1.1.5.7 Kavramsal Değişimde İlk Eğilim

Kavramsal değişimdeki “ılık eğilim” son zamanların konusu olmaya başlamıştır (Sinatra, 2005). Dole ve Sinatra (1998), Pintrich ve arkadaşlarının (1993) çalışmasını referans göstererek Bilginin Bilişsel Yeniden Yapılanması Modelini

(BBYYM) önermiştir. Bu modelde motivasyon kavramsal değişimin tamamlayıcı faktörü olarak görülmüştür. Sinatra ve Pintrich'e (2003) göre öğrenci içeriğe motive edilmezse kendi kavramı ile bilimsel olanı arasındaki ilişkiyi çözemez. Sinatra'ya (2005) göre; BBYYM öğrencinin kavramını ne kadar güçlü savunduğunun, zihnindeki kavramlarla ne kadar tutarlı olduğunun ve kararlılığının kavramsal değişimi etkileyeceğini belirtir. Fikirlerin bağlantıları zayıf ise, kavramsal yapı ile uyumlu ve tutarlı değilse, derin kökleri yoksa kavramsal değişim olasılığı yüksektir. BBYYM sosyal içeriği ve hoşnutsuzluğu *potansiyel motive ediciler* olarak tanımlamıştır. Çünkü Dole ve Sinatra'ya (1998) göre öğrenci eğer motive olmamışsa başka bir akranının motive olduğunu görüp motive olabilir. Belki de hoşnutsuzluk yaşayarak kendisi de motive olabilir. Posner ve arkadaşlarının (1982) bilimsel bilgiye yönelik *yeni kavram* tanımı BBYYM'de mesaj ismini almıştır. BBYYM mesajın özellikleri ile kişinin özelliklerinin ilişkisini kurmuş ve bu ilişkinin güdülenme düzeyini nasıl etkilediğini açıklamıştır. BBYYM'de, Petty ve Cacioppo (1986) tarafından önerilen Dikkat Olasılıklı Model'de tanımlanan yüzeysel işlem (Heuristic Processing) ve derin işlemin (Deep Processing) kavramsal değişimde etkili olduğu ileri sürülmektedir. BBYYM'ye göre, düşük güdülenme yüzeysel – derin olmayan işlem düzeyi ile sonuçlanırken, yüksek düzeyde güdülenme derin işlem düzeyi ile sonuçlanır (Şekil 1.5).

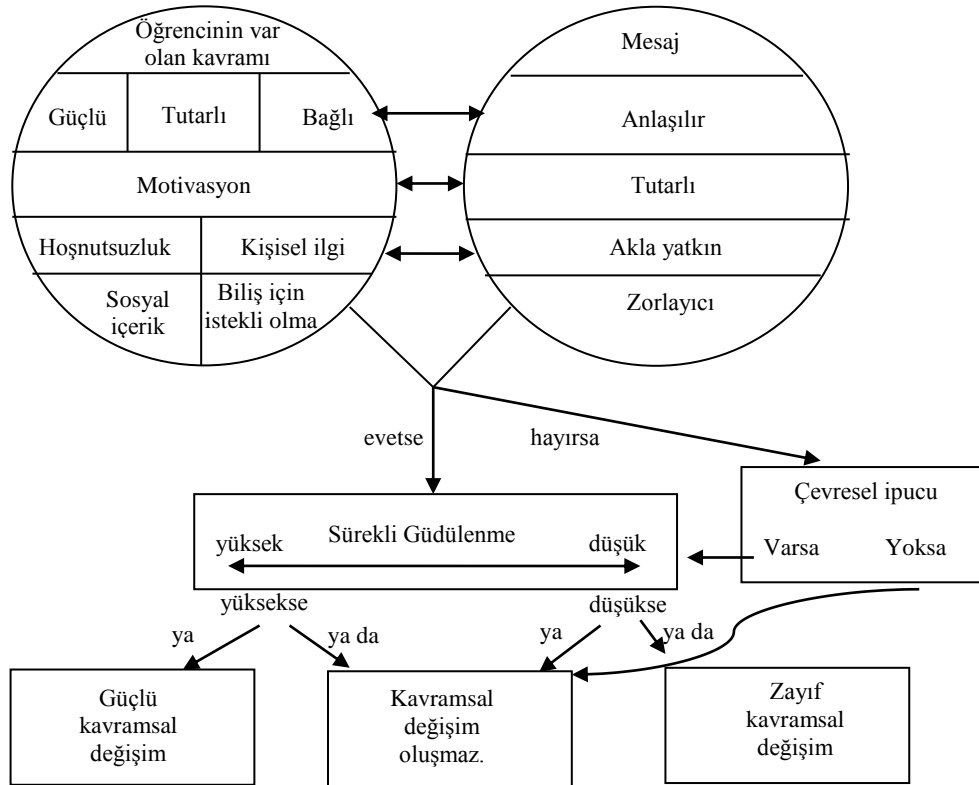
Petty ve Cacioppo (1986) tarafından önerilen Dikkat Olasılıklı Model (DOM) (Elaboration Likelihood Model), Dole ve Sinatra'nın (1998) oluşturduğu BBYYM'ye önemli katkı yapmıştır. Yine Chaiken'in (1980) önerdiği Bilgiyi İşlemenin Sezgisel – Sistemik Modeli (BİSSM), BBYYM ve DOM'ye benzemektedir. DOM'ye göre bilgi; merkezi rota işlemi (central route processing) ve çevresel rota işlemi (peripheral route processing) olmak üzere iki farklı şekilde işlenir. Merkezi rota işlemi mesajın derinlemesine incelenmesi, ince elenip sık dokunmasını ayrıca sunulan argümanın değerinin tanımlanmasını içerir. Kişi eğer mesajı güvenilir, ikna edici ve iyi yapılanmış bulursa kendi orijinal mesajı ile çelişmesine aldırmadan yararlı bir mesaj olarak kabul edecektir. Mesaja karşı tutum değişecektir ve mesaj büyük olasılıkla kabul görecektir. Gönderici tarafından gönderilen mesaj eğer yanlış olarak algılanırsa bumerang etkisi ile karşılaşacak ve yüksek olasılıkla reddedilecektir.

DOM'ye göre ikinci tür işlemci çevresel rota işlemidir. Sunulan argüman veya mesajın dikkatlice test edilmesini ve öneminin kavranmasını içermez. Çevresel rota işlemi mesajın çevresel karakteristiklerine dayanır. Alınan mesajın cazibesine, kaynağın çekiciliğine, mesajın taşıdığı heyecan uyandıran sloganlara ve mesajın gönderim kalitesine dayanır. Çevresel rota işleminde zihinsel kısaltmalar, yüzeysel özetlemeler yapılır. Sunulan argüman zayıfsa, alıcılar mesajı işleme yeteneği bakımından niteliksizse, mesaj çok karmaşıksa çevresel rota işlemi özellikle kullanılır.

Chaiken, Leberman ve Eagly (1989) *sistemik işlemi* (systematic processing) akılcı ve analitik uyum olarak tanımlamıştır. Öğrenciler bu işlem türü ile bilginin kendileri için yararlı ve önemli olduğunu fark ederler. Bunun tersi olarak *çevresel rota işleminde* (peripheral route processing) öğrenciler daha önce yaşadıkları deneyimlere ve önceden verdikleri tepkilere itimat ederler. Bu işlem türü, kişinin bir içeriği incelerken motivasyona ve fazla çabaya gerek duymadığı türdendir. Yazarların sezgiseller (heuristics) dediği kişilerden biri NASA görevlisi olsun. Uzaya gönderilen Delta roketinin neden patladığına dair NASA'nın yaptığı açıklamayı hemen reddedebilir. Geçmişindeki olumsuz iş deneyimleri buna neden olabilir. Araştırmacılara göre sezgiseller, tüm NASA açıklamalarını reddedebilirler kendilerinin yanlış yönlendirildiğini düşünebilirler.

Petty ve Cacioppo (1986), DOM'de *tutumların* yüksek dikkat ve önem düzeyi ile merkezi işleme durumunda, düşük dikkat düzeyinde biçimlendirilenlere göre daha güçlü olarak değiştirildiğini savunmaktadırlar. Düşük dikkat düzeyi ve çevresel rota işlemi ile biçimlenen tutumlar yüksek olasılıkla kısa süreli tutum değişimi ile sonuçlanacaktır. Düşük dikkat düzeyli durumlarda verilen değişken “çevresel ipucu” (peripheral cue) olarak davranabilir. Örneğin öğrenci “öğretmen her zaman haklıdır” kestirmesi ile başa çıkamadığı işlem durumundan kaçınarak kısaltma yapabilir. Öğrenci Einstein'ın popülaritesinden haberdar ise Einstein'ın özel görelilik kuramına inanarak onun savunucusu olabilir. Uzmanın ya da öğretmenin bir duruma katılması, doğruluğuna inandığını gösteren davranışları, öğrencide “iyi dinlemeliyim” şeklinde fikirler doğurabilir.

DOM'ye göre yüksek dikkat düzeyindeki kişiler düşünce ve çaba dolu işlem sürecine güdülenirler. Bu durum uzun sürelidir ve güçlü inanış değişikliği ile sonlanır. Düşük dikkat düzeyindeki kişiler çabuk ve yüzeysel değerlendirmeler yaparlar. Bu durum da zayıf ve kısa süreli inanç değişikliğine neden olur. Örnek olarak; bir uzman öğrencilere AIDS'in risklerini anlatmaktadır. Mesajdaki yararlı bilgilerden dolayı öğrenciler *içeriğe motive* olurlar. Bu durum bilginin çaba ve düşünce yüklü işlem sürecini doğurur. Bu noktada verilen argümanın kalitesi anahtar faktörü doğurur. Güçlü bir argüman ihtiyacı doğar. Bununla birlikte öğrenciler motive olmamış olabilirler. Konu ilgilerini çekmemiş ya da konunun ortaya çıkan yararlı sonuçlarını anlamamış olabilirler. Ayrıca motive olsalar bile bilgiyi işleme yetenekleri zayıf kalabilir. *Ön bilgileri yetersizdir* ya da mesaj *anlaşılır* değildir. Eagly ve Chaiken'e (1993) göre; yüksek dikkat düzeyinde motive olamamış öğrenciler için argümanın niteliği ya da gücü anlam ifade etmez. Petty ve Cacioppo (1986) bu durumdaki öğrencilerin çekici, cazip, keyifli içerik ile güvenilir kaynaklarla ikna edilebileceğini önermiştir.



Şekil 1.5: Dole ve Sinatra'nın (1998) önerdiği Bilişsel Bilginin Yeniden Yapılanması Modeli.

Eagly ve Chaiken'e (1993) göre bu öğrenciler için anlayabilecekleri şekilde daha kolay mesajlar verilmelidir. Az önceki AIDS örneğine dönelim. AIDS'in riskleri, AIDS pozitif olan bir konuşmacı tarafından açıklanarak çevresel ipucu etkisi oluşturulabilir ve derin düşüncelerle dolu bilgi işleme süreci başlatılabilir.

Şekil 1.5'te görülen BBYYM'de, mesajın ya da yeni kavramın karakteristiklerini tanımlanmıştır. Dole ve Sinatra (1998) tarafından ortaya atılan BBYYM'nin bu bölümü Posner ve arkadaşlarına (1982) dayanmaktadır. Mesajın özellikleri olarak; anlaşılabilirlik (comprehensible), akla yatkınlık (plausible), tutarlı (coherent), zorlayıcı (compelling) tanımlanmıştır. Lombardi ve Sinatra'ya (2010) göre; bu özellikleri üst düzeyde içeren mesajın kabul edilme olasılığı daha yüksektir. Dole ve Sinatra (1998) mesajın karakteristikleri ile mevcut kavramı ve kişinin duyuşsal özelliklerini ilişkilendirmiştir. Araştırmacılara göre, sürekli güdülenme kavramsal değişim için önemli bir koşuldur ancak kavramsal değişimi garanti etmez. Bununla birlikte sürekli güdülenme yoksa ya kavramsal değişim oluşmamakta ya da zayıf kavramsal değişim oluşmaktadır. Bununla birlikte öğrencide mevcut kavram ile ilgili bir ekoloji yok ve yeni kavramı anlaşılır, akla yatkın bulmamışsa bu durumda çevresel ipuçlarının varlığına bakmak gereklidir. Eğer çevresel ipucu var ise kavramsal değişim oluşabilmekte, yok ise kavramsal değişim oluşmamaktadır.

Sinatra'ya (2005) göre kavramsal değişim, yansıtıcı stratejiler kullanılarak, öğrencilerin tartışmalar yapmaları sağlanarak ve yeni görüşle var olanın karşılaştırılması ile sağlanmalıdır. Bütün bu çalışmalardan sonra, daha akılcı teorinin tanıtılması ile motive edilmiş öğrencilerde kavramsal değişim daha yüksek olasılıkla gerçekleşebileceği sonucu çıkarılabilir.

1.1.5.8 Kavramsal Değişimde Sıcak Eğilim

Gregoire (2003) *Kavramsal Değişimin Bilişsel Duyuşsal Modelini* (KDBDM) önermiştir. Gregoire (2003), Dole ve Sinatra'nın (1998) KDM ile DOM'yi birleştirerek BBYYM'yi kurduğunu ancak bu modelinin eksiklerinin bulunduğunu belirtmiştir. BBYYM'de sonuç ya kavramsal değişimdir ya da kavramsal değişim oluşmaz. Gregoire (2003)'ye göre; araştırmacılar hangi sonuçların ortaya çıkacağını tanımlayan durumları belirtmeden bırakmışlardır. Bundan başka çevresel ipuçlarının

güdülenme düzeyine eklenebileceğini savunmuşlar ancak çevresel kuyruğun var olan bilişsel işleme ne derece etki yapacağı noktasını açık bırakmışlardır. BBYYM kavramsal değişimdeki motivasyon etkisini açıklasa da öğretmendeki korku ve güven düzeylerinin reform niteliğindeki mesajın kabul görme düzeyine etkisini açıklayamamaktadır. Gregoire (2003), BBYYM'nin fikirlerdeki değişimi duyuşsal ve bilinç dışı faktörlerin nasıl etkilediğini belirgin hale getiremediğini belirtmiştir.

Fazio (1986), tutum değişimi ve davranış arasındaki etkileşimi incelemiş ve bu yönü ile Gregoire (2003)'e kaynaklık etmiştir. Davranışın otomatik ve yapılanmacı doğasından bahsettiği modelinde bir kişinin bir olayı nasıl yorumladığının üzerindeki “olayın otomatik değerlendirilmesinin” rolünün altını çizmiştir. Örneğin bir kişinin futbola karşı tutumu uzatmalarda oynanan oyunun pozitif ve negatif sonuçlarını yorumlamasında etkilidir. Ayrıca Fazio'ya (1986) göre, birinin yorumları aynı olaya dair başka yorumlardan etkilenebilir. Bir kadın, kocasının taraftarı olduğu takımın oyunu uzatmalarda kazanması sonucunda uzatma zamanlarına sıcak bakacaktır. Gregoire (2003), Fazio'nun (1986) tutum ve inanç değişimini yeterince açıklayamadığını belirtmiştir. Kendi deyişi ile KDBDM'yi *sıcak kavramsal* değişim olarak tanımlamıştır. Sıcaklığı yükselten noktaları da özellikle çevresel ipuçlarının kavramsal değişim üzerindeki etkisini açıklamış olmasına bağlamaktadır. Ayrıca kavramsal değişim üzerinde kaygı düzeyi gibi duyuşsal özellikleri dikkate alması bakımından ılıktan sığa doğru geçiş sağlandığı belirtilmektedir. KDBDM sistematik işlemin kavramsal değişimde oynadığı önemli rolü vurgular. Ayrıca KDBDM, Gregoire'in (2003) çalışmasına katılan öğretmen grubunun reform niteliğindeki mesajla karşılaştıklarında ona karşı gösterdikleri tutumun kavramsal değişimlerini etkilediğini öne sürmektedir. KDBDM bununla birlikte kaynakların, yeterlik inançlarının, motivasyonun bilişsel işlemleri etkileyeceğini ve kavramsal değişimi etkileyeceğini belirtir. KDBDM kavramsal değişim için olmazsa olmazlardan biri olarak öğrencilerin var olan konu alanı bilgilerinin işe koşulmasını gösterir.

1.2 Araştırmayı Biçimlendiren Kuramsal Altyapı

Kuhn'ın (1970) bilimsel devrim teorisine dayanan ve Posner ve arkadaşları (1982) tarafından geliştirilen kavramsal değişim teorisi, kavramsal değişimi

özümleme ve *yerleşme* olmak üzere iki aşamada açıklamaktadır. Kavramsal değişim teorisine göre öğrenci verilen durumu kendi kavramları ile açıklamaya çalışmaktadır. Ancak bazen karşılaştığı yeni durum mevcut kavramı ile açıklanamaz. Bu durumda öğrenci bilişsel çatışma yaşar ki bu kavramsal değişim için en önemli motivasyon kaynağıdır. Öğrenci yeni kavramının anlaşılır, akla yatkın ve işe yarar olma özelliklerini fark ederse mevcut kavramından vazgeçer ve bilimsel olanı benimseyebilir. Öğrencilerin kavramlarını değiştirmeleri için yeni bilginin, var olan kavramla çatışan bir durum içermesi dolayısıyla öğrencide hoşnutsuzluk oluşturması gereklidir. Yeni kavram anlaşılır olmalıdır. Öğrenci yeni kavramın, karşılaştığı problemin çözümüne yardımcı olacağına inanmalıdır. Yeni kavramın akla yatkın olması gerekir. Öğrenci yeni kavramın problemi çözeceğini görmelidir. Zihninde bu zamana kadar yapılandığı bilgilerle uyum içinde olmalıdır. Yeni kavram öğrencide yeni ufuklar açabilmelidir. Yeni araştırmaları cesaretlendirmeli, genişleme potansiyeline sahip olmalıdır (Hewson, 1981; Posner ve arkadaşları, 1982; Hewson ve Hewson, 1983; Hewson ve Thorley, 1989). Şekil 1.1'de görüldüğü gibi kavramsal değişimde en önemli nokta öncelikle bilişsel çatışmadır. Hoşnutsuzluk yaşanmadığında kavramsal değişim gerçekleşmez. Kavramsal değişimdeki diğer önemli nokta da yeni kavramın taşınması gereken dört özelliktir. Yeni kavram ancak bu özellikleri taşıdığı anda kabul edilir.

Pintrich ve arkadaşları (1993) kavramsal değişimin mekanik ve öğrencinin motivasyon gibi duyuşsal özelliklerini dikkate almayan yapısını eleştirmişlerdir. Onlar'a göre kavramsal değişim, öz yeterlik inançlarından, öğrencilerin ilgilerinden ve amaç yönelimlerinden etkilenmektedir. Posner ve Strike'a (1992) göre kavramsal değişimde, kavramsal ekolojiyi açıklamak için bilişin yanında motivasyon gibi duyuşsal faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Pintrich ve arkadaşları (1993), Posner ve arkadaşlarının (1982) kavramsal değişim modelini (KDM) *soğuk kavramsal* değişim olarak tanımlamışlardır.

Kavramsal değişimde Pintrich devrimi ile birlikte, araştırmacılar tarafından motivasyon gibi duyuşsal faktörler kavramsal değişim modellerine eklenmeye başlamıştır. Örneğin Chi, Slotta ve Deleeuw (1994) kavramsal değişime yönelik yeni bir teori öne sürmüştür. Onlara göre kavramsal değişim, kavram bir kategoriden diğerine geçtiğinde gerçekleşmektedir. Kişilerin zihinlerinde, yaşadıkları evrendeki

varlık ya da nesnelere ilişkin kategorileri vardır. Bu kategoriler Madde (Matter), İşlemler (Processes) ve Zihinsel Durumlar (Mental States) olarak adlandırılır. Madde kategorisi kişilerin nesne ya da varlıklara yönelik "canlı - cansız, ağır - hafif, sıvı - katı" şeklindeki sınıflamalarını içermektedir. İşlemler kategorisinde ise olaylar, olgular, bağlantılar bulunmaktadır. "- den dolayı, - e sebep oldu" şeklinde kurulan bağlantılar bu kategoriye örnektir. Araştırmacılara göre; öğrencilerin ön kavramları madde kategorisini, bilimsel kavramlar ise işlem kategorisini işaret eder. Eğer bu iki kavram ontolojik açıdan uyumlu ise kavramsal değişim kolay oluşur. Eğer iki kavramın ontolojik temelleri uyumsuz ise işte o zaman kavramsal değişim oldukça güç bir süreçtir. Araştırmacılar Zihinsel Durumlar (Statüler) adlı üçüncü kategorinin içeriğini de *isteme* ve *duygular* gibi duyuşsal unsurlara bağlamıştır. Dikkat edilirse motivasyon ile ilişkilendirilebilecek "isteme" kavramı, araştırmacıların önerdikleri kavramsal değişim teorisinde yer almaktadır.

Önceki bölümlerde detayları verilen; Tyson ve arkadaşlarına (1997), Alsop ve Watts'a ait (1997) modellerde ilgi, önem, gayret gibi duyuşsal unsurlar kavramsal değişime eklenmiştir. Dole ve Sinatra (1998) *motivasyonun* kavramsal değişimdeki etkisini göstererek ılık kavramsal değişimi (BBYYM), Gregoire (2003) kişinin bilişsel çatışma yaşadığında hissettiği bazı *duyguların* kavramsal değişimi nasıl etkilediğini de belirterek sıcak kavramsal değişimi (KDBDM) önermiştir. Ardından Yıldız (2008) yaptığı araştırmada kavramsal değişime üst bilişin olumlu etkisini göstermiş, Alsop ve Watts' a (1997) ait modele motivasyon ve üst bilişi eklemiştir.

She (2002, 2003, 2004a, 2004b), Lee ve Byun (2012), Hadjiachilleos, Valanidesve Angeli (2013) gibi çalışmalara bakıldığında bilişsel çatışmaya dayandığı görülmektedir. Lee ve Byun (2012) kavramsal değişimin ilk şartı olarak bilişsel çatışmayı önermekte, Hadjiachilleos ve arkadaşları (2013) ise bilişsel çatışmanın duyuşsal özellikler ile ilişkili olduğunu öne sürmektedir. Her ne kadar önceki başlıklarda söz edilen sınırlılıkları tartışılan bir konu olmaya devam etse de (Limon, 2001; Zohar ve Kravetsky, 2005) bilişsel çatışmanın halen kavramsal değişimde en önemli unsur olduğu açıktır. Ayrıca kavramsal değişimdeki ılık ve sıcak eğilimde öne sürülen modellerin de bilişsel çatışma temelinde kurulmuş oldukları dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak; araştırmaya temel oluşturan felsefik anlayış Kunh'ın devrim teorisine dayanan ve Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen Kavramsal Değişim Teorisidir. Bununla birlikte araştırma, kavramsal değişimde motivasyonel unsurların dikkate alınması bağlamında, Pintrich ve arkadaşlarından (1993), kavramsal değişimde ılık eğilimi oluşturan Dole ve Sinatra'ya (1998) ait BBYYM'den ve kavramsal değişimdeki sıcak eğilimi öneren Gregoire'ye (2003) ait KDBDM'den etkilenmiştir. Ayrıca sözü geçen modellerin üst bilişten yoksun olduklarını vurgulayarak, kavramsal değişimin üst bilişe dayanan modelini oluşturan Yıldız'ın (2008) alışması bu araştırma için kuramsal alt yapıyı oluşturmuştur.

1.3 Problem

Alan yazındaki kavramsal değişimle ilgili çalışmaların Posner ve arkadaşları (1982) ile başlayıp 1993 yılına kadar yalnızca bilişsel unsuru dikkate alarak soğuk yapı üzerinden devam ettiği görölmektedir. Kavramsal değişimde Pintrich devrimi ile birlikte motivasyon, öz yeterlik inançları, ilgi, üst biliş, amaç yönelimleri gibi bir çok duyuşsal unsurun kavramsal değişimde etkili olduğu anlaşılmıştır. Posner ve arkadaşlarına (1982) ait bu unsurları dikkate almayan kavramsal değişim modeli soğuk olarak nitelendirilmiştir. Kavramsal değişime dayalı olarak tasarlanıp uygulanan öğretimlerin öğrenme üzerindeki olumlu etkileri ortaya çıkarılmıştır (Dreyfus, Jungwirth ve Eliovitch, 1990; Tsai, 2001; Vosniadou, 1999). Özellikle 1980'li yıllardan ve 1990'lı yılların başlarına kadar ki süreçte yapılan araştırmalara göre, kavramsal değişim yaklaşımı geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında daha başarılıdır (Duit ve Treagust, 2003). Ancak başka çalışmalarda da kavramsal değişimin motivasyon ve ilgili başka duyuşsal özellikleri dikkate almayan yapısı (Pintrich ve arkadaşları, 1993), ani değişim gerektiren yapısı ve bu değişimin farklı deneyimlerle kalıcı hale getirilememesi (Vosniadou, 1994), kavramsal değişime dayalı öğretim modellerinde öğrencilerin var olan bilimsel bilgiyle uyumlu kavramlarının yeni kavramların öğrenilmesinde fırsat olarak kullanılmaması (Clement, Brown ve Zietsman, 1989) eleştirilmiştir. Eleştirilerden belki de en önemlisi kavramsal değişimi gerçekleştirecek olan öğrencilerin içeriğe yeterince motive edilememesidir (Limon, 2001). Bununla birlikte öğrencilerin kavramsal ekolojileri aktive edilmemiş ise bilişsel çatışmayı yaşayamamaktadır. Böylelikle kavramsal değişimde öğrencilerin motivasyon düzeyini yükseltecek, anlamlı bilişsel

çatışmayı yaşayabilecekleri, kavramsal değişimi istekli olarak, bilimsel görüşe doğru yaşamalarını sağlayacak daha etkili nasıl bir öğretim modeli geliştirilebileceği sorusu ortaya çıkmaktadır.

Posner ve arkadaşları (1982) tarafından geliştirilen kavramsal değişim modeli (KDM), Pintrich devrimi sonrası Tyson ve arkadaşları (1997), Alsop ve Watts (1997) tarafından hazırlanan duyuşsal unsurları da dikkate alan ılık eğilimli kavramsal değişim modelleri, sonrasında araştırmacının kendi verdiği ismi ile ılık kavramsal değişim eğilimindeki BBYYM (Dole ve Sinatra, 1998) ve Gregoire (2003) tarafından geliştirilen sıcak kavramsal değişim eğilimli KDBDM şeklinde özetlenen kavramsal değişim tarihi dikkate alındığında "Nasıl öğreteceğiz?" sorusunun yanıtlanması bakımından duyulan ihtiyaç baskın bir biçimde kendisini göstermektedir.

Posner ve arkadaşları (1982) tarafından KDT'nin önerilmesi ile birlikte teorinin sınıf içinde nasıl uygulanacağı birçok araştırmacı tarafından tartışılmış, KDT'ye dayanan birçok öğretim modeli soğuk olarak geliştirilmiştir (Nussbaum ve Novick, 1982; Brown ve Clement, 1989; Champagne, Gunstone ve Klopfer, 1985). Nasıl öğreteceğimizi gösteren bir öğretim modeli, nasıl motive edeceğimizi de gösterebilir mi? Bununla birlikte alan yazında sıcak kavramsal değişime dayalı olarak önerilmiş öğretim modellerinin sayısı yok denecek kadar azdır. Kavramsal değişime Pintrich ve arkadaşlarının (1993) mirası olarak Yıldız (2008) tarafından eklenen üst biliş, kavramsal değişime dayalı bir öğretime nasıl eklenebilir? Bununla birlikte üst bilişe yönelik daha sonra tartışılacak olan birçok çalışma yapılmışken, üst bilişin sıcak kavramsal değişim için öğretime eklendiği çalışmalara sıklıkla rastlanmamaktadır. Taasobshirazi ve Sinatra (2011) son yıllarda kavramsal değişime yönelik yapılan çalışmaların kuramsal düzeyde kaldığı deneysel çalışmaların yapılmadığını rapor etmiştir.

Özetle alan yazındaki bu eksikliği kapatmak ve tasarlanacak öğretim modelinin etkililiğini görmek açısından çalışmada da *motivasyonel ve üst bilişsel stratejilerle desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı kavramsal değişim için bir öğretim modeli* önerilmiştir. Önerilen modelin öğrencilerin kavramsal değişimlerine, fizik dersine yönelik motivasyon ve tutum düzeylerine olumlu etki yapıp yapmadığı bu araştırmanın problemini oluşturmaktadır. Hewson (1982) yaptığı araştırmada,

öğrencilerin modern fizik konularından özel görelilik ile ilgili kavramsal değişimlerini incelemiştir. Bu nedenle bu araştırmada önerilecek olan öğretim modelinin modern fizik konularının öğretimi ile test edilmesi uygun görülmüştür. Ayrıca, alan yazında modern fizik ünitesine ait konular (siyah cisim ışıması, fotoelektrik, compton olayı, atom modelleri) üzerine yapılmış ve kavramsal değişime dayalı çalışmalar azınlıktadır. Bununla birlikte, kavramsal değişime dayalı öğretimin, öğrencilerin daha önceden fikir sahibi olmaları ihtimalinin düşük olduğu ayrıca oldukça soyut olan modern fizik konularının öğretiminde ne derece etkili olacağı merak uyandırmaktadır. Bu nedenle motivasyonel ve üst bilişsel stratejilerle desteklenmiş ve bilişsel çatışmaya dayalı olarak tasarlanan modern fizik ünitesi konularına ilişkin öğretimin öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerinde etkili olup olmadığı bu çalışmanın problemini oluşturmaktadır. Kısacası problem cümlesi “Motivasyonel ve üst bilişsel stratejiler ile desteklenmiş, bilişsel çatışmaya dayalı modern fizik öğretiminin ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin kavramsal değişimleri, fizik dersine yönelik tutum ve motivasyon düzeyleri üzerinde nasıl bir etkisi vardır?” şeklinde oluşturulmuştur.

1.4 Sıcak Kavramsal Değişim İçin Yeni Bir Öğretim Modeli

Limon (2001) ve Sinatra’ya (2005) göre anlamlı bilişsel çatışmanın sağlanabilmesi için öğrenciler motive edilmeli ve konunun ilginç yanlarından haberdar olmalıdırlar. Bu nedenle bu araştırmada kullanılacak olan öğretim modelinin ilk basamağı “öğrencilerin içeriğe motive edilmeleri” olarak belirlenmiştir. Kavramsal değişim stratejisine dayalı öğretim yapacak bir öğretmenin öncelikle, öğrencilerin işlenen konuyla ilgili kavrayışlarını fark etmek için sınıf içi tartışmalar üzerinde durması çok önemlidir. Kavramsal değişime dayalı öğretimin etkili olması isteniyorsa, öğretmenin sınıf içi öğretim sırasında, öğrencilerin kavramsal yapılarının belirlemesi gerekir (Yıldız, 2008). Limon’a (2001) göre anlamlı bir kavramsal değişimin sağlanabilmesi için öğrencilerin ön bilgileri aktive edilmelidir. O’na göre bilişsel çatışmanın oluşması için ilk koşul öğrencinin konu ya da kavramla ilgili duyacağı gereklilik hissidir. Eğer gereklilik hissi oluşmamışsa öğrenciler herhangi bir şeyi değiştirmezler. Ayrıca kavramsal değişime dayalı yapılan çalışmalara bakıldığında genel olarak ön bilgilerin ortaya çıkarılması ve bilişsel çatışmanın oluşturulması mantığına dayalı oldukları gözükmektedir (Chan ve

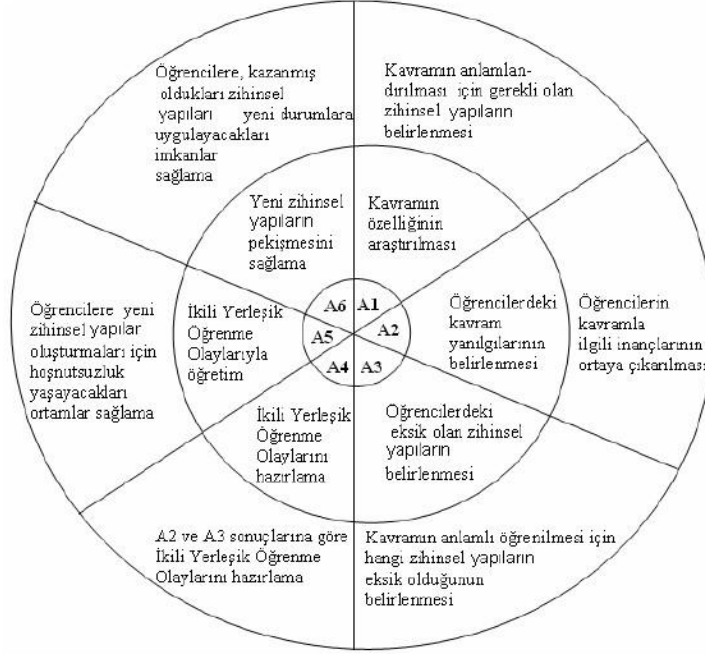
arkadaşları, 1997). Bu nedenle araştırmanın öğretim aşamalarında kullanılacak olan öğretim modelinde öğrencilerin ön kavramlarının ve fikirlerinin açığa çıkarıldığı “öğrencilerin ön fikir ve kavramlarının ortaya çıkarılması” bölümü eklenmiştir. Bu bölümde öğrencilerin fikirleri ortaya çıkarılmakta ve üst bilişlerini harekete geçirecek sorular sorularak kavramsal ekolojileri harekete geçirilmeye çalışılmaktadır.

She (2002) öne sürdüğü İkili Yerleşik Öğrenme Modeli (İYÖM) (Dual Situated Learning Model) ile kavramsal değişimde, kavramların ontolojik ve epistemolojik temellerindeki değişime vurgu yapmıştır. Araştırmacı Piaget 1974, Posner ve arkadaşları (1982), Sternberg ve Frensch (1996), Steinberg ve Clement (1997) ve Rea-Ramirez ve Clement (1998) gibi bilişsel psikoloji teorilerinden etkilenerek İYMÖ'yi kurduğunu ifade edmektedir (She, 2002). Araştırmacıya göre öğrencilerin ön kavramları dikkate alınmalı, öğrencilerin mevcut kavramdan hoşnutsuzluk duyacağı aşamada motivasyon artırılmalı ve yeni kavram için yeni bir zihinsel yapı inşa edilmelidir. O'na göre; kavramsal değişimin temelde dört prensibi vardır. Birincisi; kavramsal değişim, yerleşik öğrenilen elemanlar (mevcut zihinsel kurgu) üzerine kurulur. İkincisi; öğrencilerin zihinlerinde dengesizlik oluşturulmalı ardından öğrenciye yeni zihinsel kurgu (new mental set) sunulmalıdır. Üçüncüsü; dengesizlik aşamasında öğrencilerin kavrama yönelik motivasyon ve inançları cesaretlendirilmelidir. Dördüncüsü ise kavramsal değişim öğrencilerin kavramla ilgili epistemolojik ve ontolojik inançlarını cesaretlendirmelidir. Araştırmacının kurduğu İkili Yerleşik Öğrenme Modeli radikal kavramsal değişime dayalı olarak geliştirdiğini belirtmekte, radikal kavramsal değişimi de Vosniadou ve Brewer'in (1987) kavramsal değişimde yaptığı, kavramı zayıf yeniden yapılandırma ve güçlü yeniden yapılandırma sınıflamasına dayandırmaktadır. She (2002) radikal kavramsal değişimi, Kuhn (1970) tarafından öne sürülen bilimsel devrim teorisine ve buna bağlı olarak Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen KDT'ye bağlamaktadır. Araştırmacının "ikili" ifadesi ile kast etmek istediği ise modelin kavramsal değişim için iki önemli fonksiyona dayanmasıdır. Bunlardan ilki; bilişsel uyumsuzluk ya da çatışma (cognitive dissonance), ikincisi ise öğrenciye yeni bir zihinsel kurgunun (new mental sets) sağlanmasıdır. Araştırmacıya göre yeni zihinsel kurgu anlaşılır, akla yatkın ve işe yarar olmalıdır ki araştırmacının yeni zihinsel kurguya yüklediği bu özellikler de Posner ve arkadaşlarının (1982) mirasıdır. Araştırmacı, kavramsal

değişim için altı aşamadan oluşan bir model önerisinde bulunmuştur. Modelde ilk aşama öğretimi yapılması planlanan kavramın öğrenilebilmesi için gerekli ön koşulların ya da başka bir deyişle zihinsel yapıların belirlenmesi şeklindedir. Posner ve arkadaşları (1982) ile Hewson ve Hewson'a (1984) ait çalışmalarda önerilen "kavramsal değişimin gerçekleşmesi için kavrama ait ekoloji bulunması gereklidir" ifadesi ile uyum içindedir. İkinci aşamada öğretilmek istenen kavram ile ilgili öğrencilerin fikirleri ortaya çıkarılır. Bu aşama, Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen kavramsal değişim teorisine dayalı olarak gerçekleştirilen tüm öğretim modellerinde ortak bir aşamadır. Üçüncü aşama ise ikinci aşamaya bağlı olarak ortaya çıkar. Öğrencilerin ikinci aşamadaki açıklamalarına dayanılarak eksik zihinsel yapılarına karar verilir. She (2002) tarafından önerilen modeldeki ilk üç aşama bu araştırmada önerilen modele ilham kaynağı olmuştur.

Bazı araştırmacılara göre (Dreyfus, Jungwirth ve Eliovitch, 1990; Vosniadou, 1999; Tsai, 2001) öğrenciler anlamlı bir bilişsel çatışmayı oluşturamamaktadır. Ayrıca kimi öğrencilerse mevcut kavramından hoşnutsuz hale gelememektedir. Kimi araştırmacılara göre de (Chinn ve Brewer, 1998; Gorsky ve Finegold, 1994; Mason, 2000; Kang, Scharmann ve Noh, 2004) çelişkili olay anlamlı bilişsel çatışmayı garanti etmemektedir. Murray'e (1983) göre öğrenci çelişkili olayla karşılaştığında dört sonuç oluşabilir: (a) öğrenci tarafından fark edilmez, (b) öğrenci tarafından kabul edilir ancak bir paradoks, gizem ya da sihir şeklinde açıklanır, (c) bağımsız bir olay olarak görülür, (d) çatışan kısımlar göz ardı edilerek acemice çözümler yapılır. Chan ve arkadaşlarına (1997) göre öğrenciler birçok durumda bilişsel çatışmayı oluşturamamaktadır. Bu durum alan yazında Posner ve arkadaşlarından (1982) buyana tartışılan kavramsal değişim ve kavramsal değişime dayalı stratejiler için en büyük problemlerden birini oluşturmaktadır. Limon'a (2001) göre bilişsel çatışmanın oluşmamasının en önemli nedenlerinden biri de öğrencilerin ön bilgilerinin eksik olmasıdır. Öğretmen bilişsel çatışmayı başlattığında öğrencide çelişkili olayla çatışabilecek bilginin eksik olması kavramsal değişiminin önündeki en büyük engeli oluşturmaktadır. Bu açıklamalar doğrultusunda öğrencinin bilişsel çatışmayı oluşturacak çelişkili olayın farkına varmasının önemi apaçık hale gelmektedir. Öğrencinin çelişkili olayla çatışacak bilgisinin farkında olması hatta daha önce açıklandığı gibi üst bilişsel bir farkındalık oluşturması kavramsal değişim için gereklidir. Bu nedenle bu araştırmada kullanılacak olan öğretim modelinde üçüncü

aşama olarak “çelişkili olayın çatışacağı bilgilerin gözden geçirilmesi” bölümü eklenmiştir. Bu bölüm She (2002) tarafından önerilen İkili Yerleşik Öğrenme Modelindeki (Şekil 1.6) üçüncü aşamaya denk gelmektedir.



Şekil 1.6: İkili yerleşik öğrenme modeline dayalı öğretim modeli, She (2002).

Sıcak kavramsal değişim için bu çalışmada önerilen ve test edilecek olan öğretim modelindeki "bilişsel çatışmanın oluşturulması" şeklinde adlandırılan dördüncü aşama, Posner ve arkadaşlarının (1982) mirasıdır. Onlara göre kavramsal değişimin gerçekleşmesi için öğrenci mevcut kavramından hoşnutsuzluk duymalıdır. Araştırmacılar, öğretmenlerden öğrencilerin mevcut kavramlarına yönelik aykırılıkları (anomalies) öğrenme ortamına dâhil etmelerini beklemektedir. Buna dayalı olarak bu çalışmada önerilen öğretim modelinde öğrencilerin mevcut kavramlarından hoşnutsuz duruma geçmeleri sağlanmaya çalışılacaktır. Ayrıca öğretmen sorular sorarak, öğrencilerin çelişkili olay ile ilgili meraklarını artırmaya çalışacak, merak duygusu da içeriğe olan motivasyonu daha da artıracaktır. She'ye (2002) ait Şekil 1.6'daki İkili Yerleşik Öğrenme Modelinde dördüncü ve beşinci aşamalar modele dayanan öğretim etkinliklerinin planlanması ve uygulanması aşamalarıdır. Beşinci aşamada öğretim yapılırken, öğrencilerin kavramlarından hoşnutsuz duruma geçerek yeni zihinsel yapılar oluşturmaları için fırsatlar sunulur.

Dikkat edilirse, She (2002) bilişsel çatışma ve hoşnutsuzluk kavramlarından söz etmekte ve bunları öğretim aşamaları içerisinde dâhil etmektedir.

Zhou'ya (2010) göre araştırmacılar genelde kavramsal değişim üzerinde durmaktadır. Bu durum öğrenciyi bilişsel çelişkilerle yüzleşme konusunda pasif noktaya itebilir. Öğrenci derinlemesine anlamak yerine ezberlemeyi seçebilir. Wentzel'e (1991) göre öğrenciler akademik konuların anlaşılmasının yanında, arkadaşlık kurma, akranlarını etkileme ve öğretmenin beğenisini kazanma gibi amaçlara da sahiptir. Tao ve Gunstone'a (1999) göre bilgisayar destekli işbirlikli öğrenme öğrencilerin deneyimlerinin yapılandırılmalarını ve paylaşılanları anlamlandırmalarını sağlamıştır. Ayrıca, Palmer (2005) ve Zhou (2010) sınıfta tartışma yönteminin kullanılmasının motivasyonu artıracığı ve kavramsal değişimin oluşumunda olumlu katkı yapacağını vurgulamıştır. Limon'a (2001) göre tartışma ve akranları ile çalışma öğrencinin bilişsel çatışmayı daha etkin hale getirmesini sağlayabilmektedir. Her ne kadar modelleri soğuk kavramsal değişim olarak nitelendirilse de Posner ve arkadaşları (1982) kavramsal değişim sürecinde Sokratik tartışmaların oluşturulmasını öğretmenin önemli bir rolü olarak görmektedir. Tüm bu nedenler dikkate alınarak araştırmada test edilcek öğretim modelinin beşinci bölümü "grupla çalışma ve tartışma" şeklinde adlandırılmıştır.

Güngör (2010) doktora tez çalışmasında binin üzerinde öğrenci ile çalışarak öğrencilerin motivasyonlarını ve duyuşsal karakteristiklerini olumlu etkileyen sınıf içi etkinlikleri ortaya çıkarmıştır. İlgili etkinlikler bu araştırmada önerilen öğretim modeline motivasyon artırıcı stratejiler olarak yansıtılmıştır. Kavramsal değişimin mekanik, soğuk, etkileşimsiz yapısı eleştiri almaktadır. Grupla çalışma, grubun fikirlerini tartışma, fikrini savunma öğrenciyi derse motive etmektedir. Bu stratejiler kavramsal değişimle birleştirilebilir. Ayrıca bilişsel çatışmaya yönelik eleştirilerden biri de çatışma kaliteli olsa bile öğrenci bilişsel çatışmayı ve kavramsal değişimi reddedebileceğidir. Böyle bir durumda öğrencinin kavramsal değişime aç hale getirilmesi ve kavramsal değişimi istemesi sağlanmalıdır. Güngör (2010), öğrencilere sınıfa katılımlarını artıracak akademik görevler vermenin ayrıca akademik ve motive edici geri bildirim vermenin motivasyonu artıracığı sonucuna ulaşmıştır. Bu araştırmada önerilen bilişsel çatışmaya dayalı modeldeki grupla çalışma ve tartışma bölümünde öğretmen grupları dolaşarak akademik geri bildirim ve motive edici

geribildirimde bulunacaktır. Ayrıca üst biliş hareketine geçirecek sorular soracaktır. Kavramsal değişimde sıcak eğilimin öncüsü Gregoire (2003) tarafından kavramsal değişim modeline eklenen kaygı (anxiety) ile de böylelikle mücadele edilmiş olacaktır. O'na göre, öğrenci bilişsel çatışma yaşadığında kaygı düzeyi yükselirse öğrenci kaçınma davranışı ile kavramsal değişim sürecinden uzaklaşabileceği vurgulanmaktadır.

Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen, sonraki on yılda geliştirilen kavramsal değişim modellerinde bilişsel çatışma ve daha sonra uzlaşmaya dayanan bir yaklaşım hâkimdir. Ancak araştırmalar kavramsal değişim sürecinin motivasyon, özyeterlilik, üstbiliş, epistemoloji gibi etkili değişkenlerinde dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir (Pintrich ve arkadaşları, 1993; Limon, 2001). Bu nedenle geliştirilen öğretim modelinde ifade edilen basamaklar üst biliş hareketine geçirecek stratejilerle desteklenecektir. Araştırmanın amacı doğrultusunda öğrencilerin çatışmanın farkına varabilmeleri ve üst bilişlerini harekete geçirebilmelerine yardımcı olmak için “bilimsel bilginin tanıtılması” kısmı modele eklenmiştir. Bu bölümde öğrenciler mevcut kavramları ve yeni kavram arasındaki çatışmayı bir kez daha düşünme ve tartışma fırsatı bulacaklardır. Yeni bilginin anlaşılabilirlik, akla yatkınlık ve işe yararlık boyutlarını değerlendirme fırsatı bulacaklardır. Modelde öğretmenin en aktif olduğu evre bilimsel bilginin tanıtıldığı altıncı bölümdür. Bu bölümün gerçekleştirilmesi konunun yapısına göre değişkenlik gösterecektir. Bu bölümde bilgisayar destekli sunum ya da tartışma gibi yöntemler kullanılabilir.

Araştırmacıların, kavramsal değişimin ani değişim gerektiren klasik yapısını eleştirdikleri (Vosniadou, 1994; Vosniadou ve Ioannides, 1998) belirtilmiştir. Araştırmacılar bilişsel çatışma ile birlikte ani bir kavramsal değişim yerine deneyimlerle gelişen bir kavramsal yapıyı önermektedirler. Kavramsal değişim deneyimler ve gözlemler ile birlikte aşamalı bir şekilde olmalıdır (Vosniadou, 1994). Bu çalışmada da bu nokta dikkate alınarak bilişsel çatışmaya dayalı kavramsal değişim modeline “öğrenilen bilginin yeni problem durumlarına uygulanması” yedinci bölüm olarak eklenmiştir. Bu bölümde öğrenciler özellikle günlük hayattan seçilmesine gayret gösterilen problem durumları ile karşı karşıya kalarak öğrendikleri bilgilere ilişkin deneyimlerini artıracaklardır. Modeldeki altıncı ve yedinci bölümlerin, Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen ve kavramsal

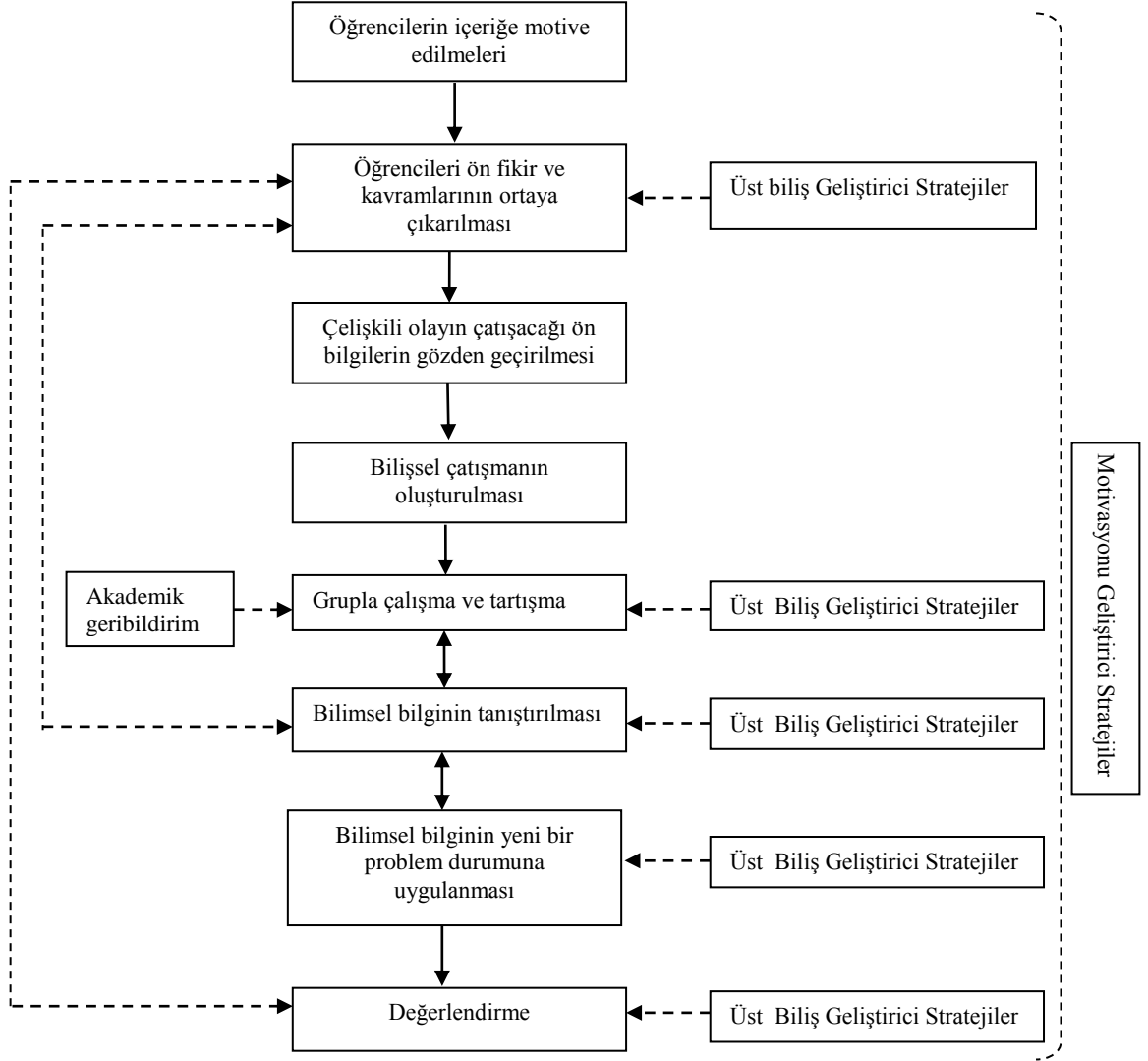
değişimin yerleşme aşaması olduğu söylenebilir. Bu bölümlerde öğrenciler yeni kavramın anlaşılır, akla yatkın ve işe yarar olduğu konusunda ikna edilmeye çalışılmaktadır. Bu araştırmada önerilen sıcak kavramsal değişim için öğretim modelinin ilham kaynağı olan She'ye (2002) ait İkili Yerleşik Öğrenme Modelindeki altıncı aşama ise öğrencilerin öğrendikleri kavramı ya da başka deyişle yeni zihinsel yapıyı başka fiziksel durumlara uygulamasıdır. Bu aşamada öğrencilere yeni kavramı başka fiziksel durumlara uyarlama yapmaları için fırsatlar verilir. Ayrıca öğrenciler yeni kavramın akla yatkınlık ve işe yararlık özelliklerini test ederler.

Kaplan ve Maehr'e (1999) göre işbirlikli çalışmalar motivasyonu artırmakta önemlidir ancak yeterli değildir. Bireysel ve grup çalışmaları birlikte yürütülmelidir. Palmer (2005) öğrenmedeki en önemli duyuşsal faktörlerden biri olan motivasyonu dikkate almıştır. Bu araştırmada da motivasyon değişimi incelenen pasif bir değişken olmaktan çıkarılmış, motivasyonel stratejiler işe koşulmuştur. Modelde motivasyonel stratejiler tüm basamaklara dağıtılmış durumdadır. Öğrencilerin motivasyonunu artırmak için öğretim olarak doğru bir atmosfer oluşturmak gerekmektedir. Güngör (2010), öğretmenlerin duyuşsal öğretim uygulamalarının, öğrencilerin duyuşsal karakterleri ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Öğretmen, öğrencilerin duyuşsal karakteristiklerinde değişiklik yapmak istiyorsa dersinde duyuşsal öğretim uygulamalarını işe koşmalıdır.

Öğrencilerin motivasyonlarını etkileyen öğretim uygulamalarını Güngör (2010) yaptığı çalışmada ortaya çıkarmıştır. Öğrenciye somut materyaller sunmanın, araştırmayı desteklemenin, konuyu öğrencilerin deneyimleri ile ilişkilendirmenin, geri bildirim vermenin, öğrenciye sonuca ulaşmasında yeterince zaman verip onların olumlu sonuçlarını dikkate almanın öğrencilerin duyuşsal karakterlerini olumlu etkilediği ve motivasyonlarını artırdığını sonucuna ulaşmıştır.

Güngör (2010) öğretim aşamaları kolaydan zora doğru sıralandığında, öğrencilere sınıfa katılımlarını artıracak akademik görevler vermenin ayrıca akademik ve motive edici geri bildirim vermenin motivasyonu artıracığı sonucuna ulaşmıştır. Öğrencilerin sorularını değerli bulma ve yanıtlama, onlara sorular sorma, öğrencilerin hataları ve öğrenme stratejileri ile ilgili geri bildirim verme ve deney yapma gibi etkinlikler öğrencilerin duyuşsal karakteristiklerini olumlu olarak

etkilemektedir. Ayrıca öğretmenin kendine güvendiğini gösteren tavırları, zamanı etkili kullanması ve işini ciddiye aldığını gösteren tavırları, akıcı ve etkileyici bir dil kullanması da öğrencilerin motivasyonlarını artıran etkenler arasında gösterilmiştir (Güngör, 2010).



Şekil 1.7: Sıcak kavramsal değişim için motivasyonel ve üst bilişsel stratejilerle desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modeli.

Daha önce belirtildiği gibi Gregoire (2003) öğretmenin reform mesajı verirkenki emin tavırlarının da kavramsal değişimde etkili olduğunu söylemiştir. Bu nedenle araştırmadaki motivasyonel stratejilerin işe koşulması ve öğretim planlarının hazırlanması aşamasında belirtilen noktalar dikkate alınacaktır.

Windschitl ve Andre (1998) fen eğitiminde bilgisayar simülasyonlarının doğrulayıcı olarak kullanılmasını eleştirmekte, simülasyonların yapılandırmacı

yaklaşımına uygun olarak tasarlanması gerektiğini önermektedir. Bununla birlikte araştırmacılar, Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen KDT'ye uygun simülasyonların da tasarlanmasının kavramsal değişimi olumlu etkileyeceğini ileri sürmektedir. Yaptıkları araştırmada yapılandırmacı yaklaşıma dayalı olarak, kardivasküler sistem konusuna ilişkin tasarlanan simülasyonların kullanıldığı deney grubunun, doğrulayıcı simülasyonların kullanıldığı kontrol grubuna göre kavramsal değişimlerini daha üst düzeyde gerçekleştirdiği sonucuna ulaşmışlardır. Zeitsman ve Hewson (1986) öğrencilerin hız kavramına yönelik alternatif kavramlarını gidermek için bir uygulama yapmıştır. Bu uygulama süresince öğrencilerin alternatif kavramlarını değiştirmek için bilgisayar simülasyonlarından yararlanmışlar ve sonuç olarak alternatif kavramların bilimsel kavramlara değiştirilmesinde bilgisayar simülasyonlarının kullanımının yararlı olduğunu belirtmişlerdir. Tseng, Tuan ve Chin (2010) ile Yen, Tuan ve Liao (2010) yaptıkları çalışmada İkili Yerleşik Öğrenme Modeline göre tasarlanmış dijital içeriğin öğrencilerin kavramsal öğrenmelerinde etkili olduğu ve motivasyon faktörünün de kavramsal öğrenme üzerinde pozitif etkisinin olduğu sonucuna ulaşmıştır. Araştırmacılar, zor fen kavramlarının öğretiminde dijital içeriklerin kavramsal değişime olumlu katkı yapacağını ve bu nedenle kullanılması gerektiğini ifade etmektedir. Bu araştırmada da önerilen öğretim modelindeki “grupla çalışma ve tartışma” bölümünde, simülasyonlardan faydalanılmasının önemli bir motivasyonel strateji olduğu düşünülmektedir.

Araştırmada yer alan üst bilişsel stratejilerinde öğrencilerin iç motivasyonu artıracakları düşünülebilir. Buna ek olarak öğretim yöntemi boyunca motivasyon artırmak için aşağıda sıralanan stratejiler dikkate alınacaktır: 1) Öğrenciler konunun öğretimi sırasında üstesinden gelebilecekleri türde orta güçlükteki deneyimler ve görevlerle karşı karşıya getirileceklerdir; 2) Öğrencilerin dikkatini konunun üzerinde tutabilmek ve hayal gücünü katabilmek için düşünce deneylerine ve bilgisayar desteğine başvurulacaktır; 3) Öğretim materyalleri güncel ve öğrencilerin yaşantıları ile ilişkilendirerek sunulacaktır; 4) Öğrenciler sürekli olarak farklı görev ve aktiviteler içine çekilecektir; 5) Grupların oluşturulması sırasında öğrencilerin görüşlerine öncelik verilecektir; 6) Öğrencilerin gruplarda yarışma ve rekabet olmaksızın işbirliği içinde çalışmalarını sağlanacaktır. 7) Öğrencilerin fikirlerini açıkça ortaya koyabilecekleri destekleyici, güven verici ve nazik bir ortam oluşturulacaktır.

She'ye (2002) ait İYÖM temelinde oluşturulan öğretim modelinde motivasyon vurgusu bulunmaktadır ancak özellikle bilişsel çatışmanın ve buna bağlı olarak oluşan hoşnutsuzluk anındaki öneminden söz edilmektedir. Şekil 1.7'deki modele bakıldığında ise motivasyonel stratejiler tüm modeli çepeçevre sarmış ve tüm aşamalar ile etkileşim halinde olduğu için kesikli çizgiler ile gösterilmiştir.

Şekil 1.7'de görülen sıcak kavramsal değişim için motivasyonel ve üst bilişsel stratejiler ile desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modelinin sekizinci ve son basamağı değerlendirmedir. Öğrencilere; öğretim öncesi ve sonrasındaki fikirlerinin ne olduğu, bu fikirlerinde bir değişimin olup olmadığı, varsa değişime öğretimdeki hangi bölümlerin neden olduğu gibi sorular sorulacaktır. *Değerlendirme* önceki alt başlıklarda işlenen üst bilişsel yöneliktir. Öğrencilerin üst bilişlerini bilişin bilgisi ve bilişin düzenlenmesi noktasında harekete geçirecek; ön kavramları ile yeni kavramlarının farklı olup olmadığı, eğer varsa bu değişime nelerin sebep olduğu, öğrenme sürecinden olumlu bir sonuç elde edip etmedikleri konusunda ne düşündüklerine yönelik sorulara yer verilecektir.

Modeldeki sürekli oklar akışı göstermektedir. Dikkat edilirse "grupla çalışma ve tartışma", "bilimsel bilginin tanıştırılması", "Bilimsel bilginin yeni problem durumuna uygulanması" aşamaları arasındaki oklar çift yönlüdür. Bu bölümde tartışma yöntemi hâkimdir. Öğrencilerin birbirlerine ya da öğretmene sordukları sorular sınıf atmosferinden yeni problemlerin doğması ile sonuçlanabilmektedir. Böylelikle öğretmen öğrencilerin yeniden grupla çalışmalarını, tartışmalarını ya da bir simülasyon üzerinde çalışarak yeni sonuçlara ulaşmalarını isteyebilmektedir. Bu durumun detayları öğretim bölümünde verilecektir. Modeldeki kesikli oklar ise kutucuklar arasında etkileşim olduğunu göstermektedir. Örneğin "değerlendirme" aşamasında öğretmen, öğrenme sürecinden alınlarının akı ile çıktıkları duygusunu öğrencilerine yaşatmak için onlara sorular sormakta ve eski kavramlarından yeni kavramlarına geçiş süreçleri üzerine düşüncelerini sağlamaktadır. Bu nedenle "değerlendirme" ve "öğrencilerin ön fikir ve kavramlarının ortaya çıkarılması" aşamaları birbiri ile kesikli oklar ile bağlanmıştır.

1.5 Araştırmanın amacı

Bu araştırmanın amacı sıcak kavramsal değişim için tasarlanan motivasyonel ve üst bilişsel stratejilerle desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modelinin ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin modern fiziğe yönelik kavramsal değişimlerine, motivasyon ve tutum düzeylerine etkisini incelemektir.

1.6 Araştırma Soruları

- 1) Çalışma grubundaki öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerinde, önerilen öğretim modeli ne derecede etkili olmuştur?
- 2) Çalışma grubundaki öğrencilerin Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinden aldıkları puanlara göre ön test – son test sonuçları arasında bir farklılık var mıdır?
- 3) Çalışma grubundaki öğrencilerin Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeğinden aldıkları puanlara göre ön test – son test sonuçları arasında bir fark var mıdır?

1.7 Sayıtlar

Araştırmanın aşağıda belirtilen sayıtlara sahip olduğu düşünülmektedir.

- 1) Araştırma örneklemeine dâhil olan öğrencilerin ölçme araçlarına verdikleri yanıtlar onların görüşlerini yansıtmaktadır.
- 2) Araştırmada örneklem olarak seçilen okul, Türkiye'de bulunan ortaöğretim kurumlarında okuyan öğrencilerin bilişsel düzeyleri açısından orta düzeyde bir okuldur.

1.8 Sınırlılıklar

Bu araştırma;

- 1) 2012-2013 Eğitim Öğretim Yılında Manisa İlindeki bir Anadolu Öğretmen Lisesinde 11. sınıftaki farklı şubesinde öğrenim gören toplam 40 öğrenci ile,
- 2) Öğretim içeriği bakımından 11. sınıf fizik dersi öğretim programında yer alan Modern Fizik Ünitesine ait alt başlıklar olan Siyah Cismin Işınması, Fotoelektrik

Olay, Compton Olayı ve Parçacıkların Dalga özelliği (de Broglie Hipotezi) ve Atom Teorileri ile;

3) Modern Fizik Kavram Testi, Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği, Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği ve yarı-yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler ile sınırlandırılmıştır.

1.9 Araştırma Bölümlerinin Tanıtılması

Bu araştırma yedi ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler aşağıda kısaca tanıtılmıştır.

1. Bölüm: Bu bölümde öğrenme kuramlarına yönelik genel açıklamalar yapılmış, kavramsal değişime yönelik detaylar verilmeye çalışılmıştır. Araştırmanın kuramsal alt yapısı, araştırmanın problemi, amacı, sayıtları ve sınırlılıkları açıklanmaktadır.

2. Bölüm: Bu bölümde araştırmayı yakından ilgilendiren araştırmalar, bu araştırmaların desenleri, bulguları ve sonuçları ile ilgili açıklamalar yapılmıştır.

3. Bölüm: Bu bölümde araştırmanın yöntemi ve yonteme ait bileşenler olan araştırmanın deseni, örnekleme, veri toplama araçlarının geliştirilmesi, uygulanması ve analizi süreci üzerinde durulmuştur.

4. Bölüm: Bu bölümde araştırmacı tarafından örnekleme yapılan öğretim açıklanmaktadır. Giriş bölümünde detayları verilen ve bu araştırmada önerilen öğretim modelinin haftalara ve derslere dağıtılmış şekilde programı ve bu modelin derslere nasıl uygulandığına ilişkin örnekler bu bölümde verilmektedir.

5. Bölüm: Bu bölüm, veri toplama araçlarından elde edilen verilerin analizinden sonra elde edilen bulguların özetlenerek yorumlandığı bölümdür.

6. Bölüm: Bu bölümde ise araştırmadan elde edilen sonuçlar tartışılmaktadır.

7. Bölüm: Bu bölümde ise araştırmada test edilen öğretim modeline, modern fizik öğretimine, konu ile ilgili çalışma yapmayı düşünen yeni araştırmacılara önerilerde bulunulmuştur.

2. İLGİLİ YAYIN VE ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde araştırmanın başlığı altında geçen kavramlara ilişkin alan yazında geçen araştırmalara ilişkin bilgiler verilecektir. Kavramsal değişim, motivasyon, tutum ve üst bilişin kavramsal değişim ile ilişkilendirildiği çalışmalar ile modern fizik konu ve kavramlarına yönelik alan yazında geçen çalışmalar özetlenmiştir. İlk olarak kavramsal değişime yönelik çalışmalara yer verilmiş, araştırmalarda elde edilen bulgular, sonuçlar açıklanmıştır. Çalışmalar soğuk kavramsal değişim ile ilgili olanlardan sıcak kavramsal değişimle ilgili olanlara doğru sıralanmaya çalışılmıştır. Alan yazındaki kavramsal değişim ile ilgili çalışmalar ile bu araştırma arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

2.1 Pintrich Devrimi Öncesi Kavramsal Değişime Yönelik Çalışmalar

Pintrich devrimi öncesine bakıldığında soğuk kavramsal değişime dayalı öğretimlerde kullanılmak üzere alan yazında birçok öğretim stratejisi önerilmiştir. Bunlar (1) *Çelişkili olay (Discrepant Event)*, (2) *Fikirler arası çatışma (Conflict between ideas)* ve (3) *Fikirlerin geliştirilmesi (Development of ideas)* olarak gruplanabilir (Scott, Asoko ve Driver, 1992). Önerilen bu stratejilere yönelik olarak birçok öğretim modeli geliştirilmiş ve kavramsal değişime olumlu katkı yapıp yapmadıkları deneysel çalışmalarla test edilmiştir (Nussbaum ve Novick, 1982; Champagne, Gunstone ve Klopfer, 1985; Brown ve Clement, 1989).

Nussbaum ve Novick (1982) tarafından geliştirilen ve *çelişkili olay* stratejisine dayanan öğretim modelinde, öğrenciler ilk olarak çelişkili olayla karşı karşıya getirilir. Grup içinde tartışarak kendi kavramsal yapılarının ve diğer arkadaşlarının yapılarının farkına varırlar. Kavramsal çatışma çelişkili olay açıklanarak oluşturulur. Bilişsel değişim (accommodation) için öğrencilere rehberlik edilir. Öğrenciler bilimsel görüşün kabul ettiği kavramsal modellerini kurmak için çaba gösterirler. Araştırmacılar gazlar konusunun öğretimini yaptıkları bu çalışmada çelişkili olayın, bilişsel olarak harekete geçme ve motivasyon noktasında öğrencilere

olumlu katkı yaptığını ifade etmektedir. Bununla birlikte tüm öğrenciler için kavramsal değişimi sağlayamadıklarını da belirtmektedirler.

Fikirler arası çatışma stratejisine dayanan öğretim modellerinden biri Cosgrove ve Osborne (1985) tarafından "öğretimin üretken öğrenme modeli" adı ile önerilmiştir. Modelin ilk evresinde öğretmen bilimsel görüşün, öğrencilerin görüşünün ve kendi görüşünün sentezini yapar. Öğrenciler, kendilerinin ve arkadaşlarının görüşlerini tartışır. Son evrede öğretmen bilimsel görüşü tanıtır. Champagne, Gunstone ve Klopfer (1985) tarafından geliştirilen "fikirselleştirme" adlı modelde öğrenciler bir fiziksel olay ile ilgili tahminlerde bulunurlar. Öğrenci kendi tahminini destekleyecek analizler yaptıktan sonra sınıfa sunumunu yapar. Öğrenciler kendi görüşlerinin doğruluğunu savunarak birbirlerini ikna etmeye çalışırlar. Öğretmen bilimsel kavramları tanıtırarak tartışılan fiziksel durumu açıklar. Öğrencilere kendi görüşleriyle, yeni olanı karşılaştırma fırsatı verilir. Stavy ve Berkovitz (1980) bilişsel çatışmayı "öğrencinin yeni kavramla ilgili bilişsel yapılarında yaşadığı çatışma" ve "öğrencinin aynı fiziksel gerçeklikle ilgili iki kavramsal yapısı arasındaki çatışma" olmak üzere iki grupta değerlendirmiş ve söz edilenlerin ikincisi üzerine bir model geliştirmiştir. Araştırmacılar, sıcaklık kavramı ile ilgili yaptıkları çalışmada 9-10 yaş grubundaki öğrencilerin başlangıçta 30 °C' deki su ile 30 °C' deki su karıştırıldığında 60 °C sıcaklıkta su elde edileceğini düşündüklerini belirtmektedir. Kullandıkları çalışma yaprakları ile öğrencilerin grupta ya da bireysel olarak çalışmalarını sağladıklarını ve öğrencilerin yaşadıkları bilişsel çatışmanın da onların öğrenmelerini sağladığını rapor etmektedirler.

Rowell ve Dawson (1985) temellerini Piaget'e dayandırdıklarını belirttikleri kavramsal değişime dayalı bir model önerisinde bulunmuştur. Önerilerindeki farklılık yeni kavramın tek başına yapılandırılmasına karşı çıkmalarıdır. Araştırmacılar, yeni kavramın, mevcut kavramla ve farklı kaynaklardan elde edilen kavramlarla birlikte yapılandırılabilmesini öne sürmektedir. Modelde öğrencilerin kendilerine sunulan problemle ilgili fikirleri kayıt altına alınır. Sonrasında öğrencilere problemi çözme gücüne sahip yeni kuram tanıtırılır. Öğrenciler modelin her aşamasında kayıt altına alınan fikirleri test ederek bilimsel kavramlara ulaşmaya yönlendirilirler.

Fikirlerin geliştirilmesi stratejine dayanan öğretim modellerinde öğrencilerin var olan kavramlarının geliştirilerek bilimsel olana yaklaştırılması amaçlanır. Brown ve Clement (1989) Benzetimli Öğretim Stratejisinde bilimsel görüşe yakın sezgisel inançların artırılarak, hatalı inançların azaltılmasını amaçlamıştır. Araştırmacılara göre kavramsal değişim, öğrenciye, fiziksel bir durumun sayısal bağlantılarından çok, sezgisel ve niteliksel anlamasını kurmak için fırsat verildiği durumda sağlanmaktadır. Öğrenciler bilimsel görüşe, onlara sunulan kilit örnek (anchoring example) arkasından yapılan köprü stratejisi (bridging strategy) ile daha kolay ulaşmaktadırlar. Öğrenci kavramları hedef soru (target question) ile açık hale getirilmektedir.

Niedderer'a (1987) göre; öğrencilerin fikirlerini, bilimsel çevrelerin kabul ettiği görüşe doğru değiştirmek için aşırı çaba sarf etmek anlamsızdır. Araştırmacı tarafından ileri sürülen öğretim stratejisinde, öğrencilerin kendi fikirlerinden haberdar olmaları sağlanır. Öğrenciler öğretim ortamında kendi fikirleri ile bilimsel görüş arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları öğrenirler. Kısacası bu öğretim stratejisinde öğrenci kavramlarındaki değişim öğrencinin kendisine bırakılmaktadır.

2.2 Pintrich Devrimi Sonrasında Kavramsal Değişime

Yönelik Çalışmalar

Johnson ve Johnson (1999), Pintrich ve arkadaşları (1993) tarafından önerilen motivasyonun kavramsal değişimde etkili olması durumuna atıfta bulunarak, öğrencilerin akademik amaçlarına motive edilebilmeleri için işbirlikli öğrenme yöntemini önermişler ve bu yöntemin kavramsal değişimi kolaylaştırabileceğini öne sürmüşlerdir. Duit, Roth, Komorek ve Wilbers (2001) Almanya'daki bir okulda 10. sınıfta öğrenim gören 25 öğrenci ile yaptıkları çalışmada manyetik sarkacın öğretimini analogiler yardımıyla gerçekleştirmiş ve öğretimin öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Araştırmacılar, yaptıkları çalışmadan on ay sonra bile öğrencilerin sorulan sorulara analogileri kullanarak yanıt verdiklerini rapor etmektedir. Tao ve Gunstone (1999) mekanik konularına yönelik alternatif kavramları gidermek ve araştırmaya katılan 10. sınıfta öğrenim gören 12 öğrencinin kavramsal değişimlerini incelemek amacı ile bilgisayar destekli öğretim yapmıştır. Çalışmada tahmin, gözlem ve açıklamaya dayanan

çalışma yaprakları da kullanılmıştır. Araştırmacılar bazı öğrencilerin bilimsel kavramlara doğru kavramsal değişimi gerçekleştirebildiklerini ancak bazılarının ise bilimsel kavram ve kendi alternatif kavramı arasında bocaladığını, kavramsal değişimlerinin içeriğe bağımlı ve dengesiz olduğunu rapor etmiştir. Windschitl ve Andre (1998), bilgisayar tabanlı simülasyonların öğrencilerin kavramsal değişimlerine olumlu katkılar yaptığını ayrıca motivasyonlarını da artırdığı belirtmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada öğrencilerin epistemolojik inançlarının kavramsal değişim üzerindeki etkisini gösterdiklerini, epistemolojik inançlar açısından daha üst düzeyde bulunan öğrencilerin bilgisayar destekli simülasyonu daha etkili kullandıklarını ve kavramsal değişim yaşama olasılıklarının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Özmen (2011) öğrencilerin kavramsal değişimlerine, maddenin tanecikli doğasına ilişkin animasyon ile desteklenmiş kavramsal değişim metinlerinin etkisini incelemiştir. Araştırmada kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmış, veriler Maddenin Tanecikli Doğasına Yönelik Kavram Testi ve Maddenin Hal Değişimi Kavram Testi ile toplanmıştır. Araştırmanın örnekleminde altıncı sınıfta öğrenim gören toplam 51 öğrenci yer almıştır. Verilerin analizleri sonucunda öğretim öncesinde öğrencilerin testlerden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark bulunmazken, son test ve gecikmiş test ile ön test arasında anlamlı bir fark bulunmuştur.

Chan ve arkadaşları (1997) dokuzuncu sınıftan seçilen 54 ve 12. sınıftan seçilen 54 olmak üzere toplam 108 öğrenci ile yaptıkları çalışmada, öğrencilerin mevcut kavramları ile çatışan bilimsel bilgiyi nasıl işlediklerini ortaya çıkarmaya çalıştıklarını rapor etmiştir. Araştırmanın ilk fazında öğrencilerin ön kavramları ortaya çıkarılmış buna göre etkinlikler tasarlanmıştır. Sonrasında öğrencilere araştırma boyunca var olan kavramları ile çatışan ve bilimsel olarak geçerli toplam sekiz adet ifade verilmiş, sesli düşünerek ve akranları ile tartışarak bu durumları açıklamaları istenmiştir. Araştırma sonuçları kavramsal değişimin doğası hakkında önemli veriler sağlamıştır. Sunulan kavramın var olan kavram ile açıklanmaya çalışılması anlamına gelen "doğrudan özümleme" ve öğrencinin kendisine sunulan kavram ile kendi kavramı arasında bir sorun olduğunu fark ederek bilişi harekete geçirmesi anlamına gelen "bilgi inşası" yaklaşımlarının kavramsal değişimi etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmacılara göre bilgi inşası yaklaşımı bilişsel çatışma ile kavramsal değişim arasında bir arabulucu görevi üstlenmektedir.

She (2002) öne sürdüğü İkili Yerleşik Öğrenme Modeli (Dual Situated Learning Model) ile kavramsal değişimde, kavramların ontolojik ve epistemolojik temellerindeki değişime vurgu yapmıştır. Araştırmacıya göre öğrencilerin ön kavramları dikkate alınmalı, öğrencilerin mevcut kavramdan hoşnutsuzluk duyacağı aşamada motivasyon artırılmalı ve yeni kavram için yeni bir zihinsel yapı inşa edilmelidir. Araştırmacı, kavramsal değişim için altı aşamadan oluşan bir model önerisinde bulunmuştur. Modelde ilk aşama, öğretimi yapılması planlanan kavramın öğrenilebilmesi için gerekli ön koşulların ya da başka bir deyişle zihinsel yapıların belirlenmesi şeklindedir. İkinci aşamada öğretilmek istenen kavram ile ilgili öğrencilerin fikirleri ortaya çıkarılır. Üçüncü aşama ise ikinci aşamaya bağlı olarak ortaya çıkar. Öğrencilerin ikinci aşamadaki açıklamalarına dayanılarak eksik zihinsel yapılarına karar verilir. Dördüncü ve beşinci aşamalar modele dayanan öğretim etkinliklerinin planlanması ve uygulanması aşamalarıdır. Beşinci aşamada öğretim yapılırken, öğrencilerin kavramlarından hoşnutsuz duruma geçerek yeni zihinsel yapılar oluşturmaları için fırsatlar sunulur. Altıncı aşama da ise öğrencilerin öğrendikleri kavramı ya da başka deyişle yeni zihinsel yapıyı başka fiziksel durumlara uygulamak için fırsat verilir. Araştırmacı çalışmalarında İkili Yerleşik Öğrenme Modelini açık hava basıncı, yüzme, osmoz ve difüzyon gibi konuların öğretiminde kullandığını ve kavramsal değişimdeki olumlu etkilerini ortaya çıkardığını rapor etmektedir (She, 2002, 2003, 2004a, 2004b).

She ve Liao (2010) İkili Yerleşik Öğrenme Modeline (İYMÖ) dayalı olarak tasarlanan dijital içeriğin öğrencilerin sonuç çıkarma ve kavramsal değişimlerine etkisini incelemiştir. Çalışmaya sekizinci sınıfta öğrenim gören 108 öğrenci katılmıştır. Tüm öğrencilere aynı öğretmen tarafından öğretim yapılmıştır. Atom Başarı Testi, Bilimsel Sonuç Çıkarma Testi, Atoma Dayalı Sonuç Çıkarma Testi ile veriler toplanmış, öğretim öncesinde, öğretimden bir hafta sonra ve öğretimden sekiz hafta sonra örnekleme uygulanmıştır. Araştırma sonuçları İYÖM'nin öğrencilerin sonuç çıkarma becerilerini ve kavramsal değişimlerini olumlu olarak etkilediğini göstermiştir. Ayrıca araştırmacılar sonuç çıkarma becerilerinin de kavramsal değişim üzerinde önemli bir etkisi olduğunu da rapor etmektedir.

Şen (2011), yaptığı çalışmada, İkili Yerleşik Öğrenme Modeline ve kavramsal değişim metinlerine dayalı öğretimin öğrencilerin başarılarına ve

motivasyonlarına etkisini incelemiştir. Ön test son test tek gruplu desenin kullanıldığı araştırmada örneklem olarak üniversite birinci sınıfta okuyup temel kimya dersini alan 64 öğrenci seçilmiştir. Araştırma verileri Erime ve Çözünme Kavram Testi, Öğrenmede Güdüsel Stratejiler Anketi ve Bilimsel Düşünme Yetenekleri Testi ile toplanmıştır. Araştırma sonuçları kavramsal değişim metinleri ve İkili Yerleşik Öğrenme Modeline dayalı olarak tasarlanan erime ve çözünme kavramlarına yönelik öğretimin öğrencilerin başarılarına olumlu etki yaptığı ve öğrencilerin anketteki motivasyon ile ilgili, öz yeterlik, görev değeri, öğrenme performansı gibi alt boyutlarından aldıkları puanları artırdığı rapor edilmiştir. Bu çalışma gibi kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı ve kavramsal değişime dayalı olarak tasarlanan öğretimlerin öğrencilerin kavram yanılgılarını gidermede başarılı olduğu son zamanlarda birçok araştırmada ortaya konulmuştur (Armağan, 2011; Şen; 2011; Ay, 2011, Ersoy, 2012).

Yıldız (2008) daha önce giriş bölümünde de söz edilen çalışmasında 5E modelini kullanarak öğrencilerin kuvvet ve hareket ünitesine yönelik kavramsal değişimlerini incelemiştir. Üst bilişe yönelik stratejilerin kullanıldığı 5E modeline dayanarak tasarlanmış öğretimin öğrencilerin öğrenme yaklaşımlarına, üstbilişlerine ve üst bilişe yönelimli sınıf çevresine yönelik tutumlarına etkisini de incelemiştir. Ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desenin kullanıldığı araştırmada deney grubuna üst bilişsel stratejiler ile desteklenmiş 5E modeline dayanan öğretim uygulanırken, kontrol grubuna geleneksel öğretim uygulanmıştır. Yedinci sınıfta öğrenim gören 52 öğrencinin örneklem olarak belirlendiği araştırmada öğretime anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık ile ilgili etkinliklerle başlanmış, sonrasında kuvvet hareket ünitesindeki kavramların 5E modeline göre öğretimi yapılmıştır. Öğretim aşamalarında çalışma yaprakları, yalanlayıcı metinler, günlük ve poster gibi materyaller kullanılmıştır. Veriler analizi içinse Üstbilişe Yönelimli Sınıf Çevresi Ölçeği, Üstbiliş, Derinlemesine Öğrenme Yaklaşımı Ölçeği, Yüzeysel Öğrenme Yaklaşımı Ölçeği, Üstbiliş Dökümanı ve Kuvvet ve Hareket Kavram Testi yardımı ile toplanmıştır. Araştırma sonuçları deney grubundaki öğrencilerin kuvvet hareket ünitesine ilişkin kavramsal değişimlerinin kontrol grubundaki öğrencilere göre daha üst düzeyde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Araştırmacı, çalışmanın sonunda kavramsal değişime üst biliş ve motivasyon boyutunu ekleyerek yeni bir model önerisinde bulunmuştur. Çalışmada sonuç olarak; öğrencilerin öğretim öncesindeki

kavramlarını bazı durumlarda kullanmaya devam ettiklerinin anlaşıldığını, bunun ise ancak öğrencilerin sonuç çıkarma becerileri gibi özelliklerinin dikkate alınması ile açıklanabileceği rapor edilmektedir.

Anıl (2010) bir ortaöğretim kurumunda dokuzuncu sınıfta öğrenim gören 46 kişilik bir öğrenci grubu ile çalışarak, 5E öğretim modeline dayalı olarak tasarladığı aynalar konusuna ait öğretimin öğrencilerin kavramsal değişimlerine etkisini incelemiştir. Durum çalışması deseninin kullanıldığı araştırmada veriler; kavram testi, Öğrenme Çevresi Değerlendirme Anketi, yansıtıcı günlükler ve anlam çözümleme tabloları ile toplanmıştır. Araştırma sonuçları öğrencilerin mevcut kavramlarından hoşnutsuz oldukları, yeni kavramı anlaşılır, akla yatkın ve işe yarar bularak eski kavramlarını büyük ölçüde terk ettiklerini göstermiştir.

Küçük (2011) doktora çalışmasında Türkiye'deki bir ilde ilköğretim yedinci sınıfta öğrenim gören üç şubedeki toplam 68 öğrenciyi örneklem olarak seçmiş, şubelerden birini deney diğer ikisini de kontrol grubu olarak belirlemiştir. Öğrencilerin kavramsal değişimlerini incelemeyi amaçlayan ve karma yöntemin kullanıldığı araştırmada deney grubuna zenginleştirilmiş 5E modeli ile, kontrol gruplarına ise geleneksel yaklaşım ile öğretim yapılmıştır. Araştırma sonuçları animasyon, çürütücü metin, simülasyon ve çalışma yaprakları ile zenginleştirilen 5E modelinin benimsendiği deney grubunun, kontrol grubuna kıyasla kavramsal değişimi gerçekleştirme düzeyi açısından daha üstün olduğunu göstermiştir.

Kural (2008), 41 ortaöğretim 11.sınıf öğrencisi ile yaptığı çalışmada, sosyal yapılandırmacı kuram çerçevesinde tasarlanan öğretimde, Cosgrove ve Osborne (1982) tarafından kavramsal değişim teorisi çerçevesinde önerilen Öğretimin Üretken Öğrenme Modelini kullanmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak Kavramsal Anlama Testi ve yarı-yapılandırılmış görüşmeler kullanılmış ve içerik analizi ile veriler çözümlenmiştir. Araştırmada sonuç olarak sözü edilen modelin kullanıldığı deney grubundaki öğrencilerin geleneksel öğretimin yapıldığı kontrol grubundaki öğrencilere göre kavramsal değişimi daha üst düzeyde yaşadıkları rapor edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; deney grubundaki öğrenciler neden sonuç ilişkisi kurma, bilgiyi transfer etme ve bilgiyi yapılandırma gibi noktalarda kontrol grubundaki öğrencilere göre daha başarılıdır.

Sackes (2010) okul öncesi öğrenim gören 52 öğrenci ile ayın evreleri konusuna ilişkin sorgulama tabanlı bir yazılımın kullanıldığı, verilerin görüşmeler ve motivasyon ölçeği ile toplandığı bir çalışma yapmış, öğrencilerin ayın evreleri konusundaki kavramsal değişimlerinde motivasyonun ve üst bilişsel stratejilerin etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Gök (2012) ön test son test kontrol gruplu deseni kullanarak elektrik ve manyetizma konusundaki kavramlara yönelik yaptığı çalışmada deney grubunda tartışmalar ve grupla çalışmalar gibi yöntemler içeren akran öğretimini, kontrol grubunda ise geleneksel öğretimi benimsemiştir. Araştırmanın örneklemini 138 üniversite öğrencisi oluşturmuş, çalışmada veriler Elektrik ve Manyetizma Kavramsal Anketi, Colorado Bilim Öğrenme Tutum Ölçeği ile toplanmıştır. Akran öğretiminin benimsendiği deney grubundaki öğrencilerin, geleneksel öğretimin benimsendiği kontrol grubundaki öğrencilere göre bilimsel kavramları öğrenme noktasında daha başarılı oldukları rapor edilmektedir.

Lombardi, Sinatra ve Nussbaum (2013) anlaşılabilirlik kavramının kavramsal değişimdeki önemini vurguladıkları araştırmalarında, insan kaynaklı iklim değişikliği kavramına yönelik öğrencilerin kavramsal değişimlerini incelemiştir. Araştırmacılar, eleştirel değerlendirmeye dayanan öğretimin, öğrencilerin insan kaynaklı iklim değişikliğinden ne anladıklarına ilişkin yorumlarının nasıl etkilendiğini ortaya çıkarmak için çalıştıklarını belirtmektedir. Çalışmaya 429 Amerikalı yedinci sınıf öğrencisi dâhil edilmiş, eleştirel değerlendirmeye dayalı öğretim yapılan deney grubundaki öğrencilerin insan kaynaklı iklim değişikliğinden ne anladıklarına ilişkin yorumlarının bilimsel modele doğru değişiminin, normal programla öğretim yapılan kontrol grubundaki öğrencilere göre daha üst düzeyde gerçekleştiği rapor edilmiştir.

2.3 Kavramsal Değişimin Motivasyon, Tutum ve Üst Biliş ile İlişkilendirildiği Çalışmalar

Tseng, Tuan ve Chin (2010) yaptıkları çalışmada sekizinci sınıfta öğrenim gören 127 kişilik öğrenci grubuna İkili Yerleşik Öğrenme Modeline dayanan öğretim uygulamıştır. Öğretimde bilgisayar desteğine başvurulmuş kendi adlandırmaları ile dijital öğrenme içeriği kullanılmıştır. Araştırmacılar, She (2002) tarafından önerilen

İkili Yerleşik Öğrenme Modelinin kavramsal değişimdeki olumlu etkisinin She (2002) tarafından ortaya konulduğunu, araştırmaya katılan öğrencilerin %76 ile %90'ı gibi büyük bir bölümünün kavramsal değişimi sağladığını ancak motivasyon faktörünün yeterince dikkate alınmadığını belirtmiştir. O nedenle araştırmacılar, araştırma sorularında kavramsal değişime yönelik ifadelerin yanında motivasyonel unsurların kavramsal değişimi nasıl etkileyeceği yönünde ifadelere de yer vermiştir. Fene Yönelik Öğrenci Motivasyon Anketi ve Asit-Baz-Tuz Kavramları Tanı Testi ön, son ve gecikmiş son test olarak uygulanarak veri toplanmıştır. Seçilen 18 öğrenci ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar İkili Yerleşik Öğrenme Modeline göre tasarlanan dijital içeriğin öğrencilerin kavramsal değişimlerine olumlu katkı yaptığını, öğrencilerin kavram tanı testinden ön test ile son testte ve ön test ile gecikmiş testte aldıkları puanlar arasında anlamlı fark olduğu bulunmuştur. Öğrencilerin kavramsal değişimleri ile motivasyon anketindeki faktörlerin Pearson korelasyonlarına bakılmış, öz yeterlik, aktif öğrenme stratejileri, fen öğrenmenin değeri ve başarı hedefleri gibi motivasyonel unsurların öğrencilerin kavramsal değişimleri ile yüksek düzeyde korelasyon gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Tuan, Chin ve Shieh (2005) tarafından yedinci, sekizinci ve dokuzuncu sınıf öğrencilerinden 1600 kişilik bir grupla yapılan çalışmanın sonuçları da Tseng ve arkadaşlarının (2010) çalışmalarına ait sonuçlar ile benzer özellikler göstermiştir. Araştırmacılar, kavramsal değişimde motivasyonun kuramsal olarak sürekli modellere eklendiğini ancak henüz deneysel çalışmalar yapılmadığını belirtmektedir. Bununla birlikte araştırmanın sonuçları kavramsal değişimin, motivasyonun alt bileşenleri olan aktif öğrenme stratejileri, fen öğrenmenin değeri, başarı hedefleri ve performans hedefleri ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

Taasoobshirazi ve Sinatra'ya (2011) göre; Bilişsel Bilginin Yeniden Yapılanması Modeli (BBYYM) kavramsal değişimi etkilemede çeşitli karakteristiklerin nasıl bir rol oynadığını tartışsa da, öğrenci karakteristiklerinin etkileşerek kavramsal değişimi nasıl etkilediklerini bir model içinde sunan deneysel bir çalışma henüz yapılmamıştır. Araştırmacılar fizik bölümünde okuyan 105 üniversite öğrencisi ile yaptıkları çalışmada, Dole ve Sinatra (1998) tarafından önerilen ve daha önce kavramsal değişimde ılık eğilim olarak tanıtılan BBYYM' de

yer alan sıcak yapıların kavramsal değişimi nasıl etkilediğine yönelik bir çalışma yapmıştır. Amaç yönelimleri, biliş için istekli olma, motivasyon ve yaklaşım hedefleri gibi unsurlar ile kavramsal değişim arasındaki ilişki yapısal eşitlik modeli ile ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Çalışmada, alan yazında birçok araştırmada kullanılan Kuvvet Kavram Ölçeği (FCI) ve Fizik Motivasyon Anketi, Başarı Hedefleri Ölçeği ve Biliş İçin İsteklilik Ölçeği kullanılarak veriler toplanmıştır. Ayrıca öğrenciler daha önceki sınavlardan aldıkları notlara göre gruplanmış ve toplam birden beşe kadar başarıya göre grup oluşturulmuştur. Araştırmacıların sınıf derecesi (class grade) şeklinde adlandırdıkları bu grupların kavramsal değişimlerinde farklılık olup olmadığına bakılmıştır. Araştırmada kurulan teorik modelin geçerliliğine yapısal eşitlik modeli ile bakılmıştır. Araştırma sonuçları, sınıf derecesinin kavramsal değişimi doğrudan etkilediğini göstermiştir. Yaklaşım hedefleri ve biliş için istekli olma kavramsal değişimde anlamlı bir etkiye sahiptir. Motivasyonun da kavramsal değişimi hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkilediği de rapor edilmiştir.

Lee ve Byun (2012) bilişsel çatışmayı, dışarıdan kişiye sunulan bilgi ile kişinin sahip olduğu zihinsel model arasındaki çelişki (dışsal - içsel çatışma) ya da kişinin kendi bilişsel yapılarına ait zihinsel modelleri arasındaki çelişki (içsel çatışma) olmak üzere iki kategoride tanımlamıştır. Ayrıca Lee ve Byun (2012) öğrencilerin çelişkili olaya verdikleri yanıtlar ile bilişsel çatışma arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışmada dokuzuncu sınıfta öğrenim gören 96 öğrenci örneklem olarak seçilmiştir. Öğretimi yapılacak kavram ile ilgili veriler yazmaya dayalı test ile toplanmıştır. Ön test uygulamasından sonra öğrencilerin fikirleri ile çatışan durumun sunumu yapılmış, verilen aykırı bilgi ile öğrencilerin aykırı duruma yönelik yaşadıkları bilişsel çatışmanın düzeyi arasındaki ilişkiye Bilişsel Çatışmanın Düzeyi Testi ile bakılmıştır. Araştırmacılar, öğrencilerin öğretim sonrasında verdikleri yanıtlara dayalı yeni bir kategori bulduklarını bununda *yüzeysel teori değişimi* olduğunu belirtmişlerdir. Onlara göre öğrencilerden bazıları verilen fiziksel duruma açıklama getirememekte ancak öğretmenin her zaman haklı olduğuna yönelik inançlarından dolayı inanç değişimi yaşamaktadır. Araştırmanın önemli sonuçlarından biri de verilen çelişkili olaya dayalı açıklamaları *belirsiz* kategorisine alınan öğrenciler en yüksek düzeyde bilişsel çatışma puanları almışlardır. Araştırmacılar, öğrencilerin verilen fiziksel durumla ilgili bilgiyi anlayabilmeleri,

sonucu tahmin edebilmeleri ve kendi ön fikirlerini açık ve net hale getirebilmeleri için bilgilendirilmeye ve rehberlik edilmeye ihtiyaç duyabileceklerini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırma sonuçları bilişsel çatışmanın kavramsal değişim için ilk adım olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Bununla birlikte Gregoire (2003) tarafından ortaya atılan Kavramsal Değişimin Bilişsel Duyuşsal Modeline (KDBDM) sıcak unsur olarak eklenen kaygı (anxiety), Lee ve Byun (2012) tarafından test edilmiştir. Araştırmacılar bilişsel çatışmayı yaşadığında kaygı düzeyi düşük olan öğrencilerin kavramsal değişimi daha üst düzeyde gerçekleştirdiğini rapor etmiştir. Bu sonuç Gregoire (2003) tarafından önerilen KDBDM'yi destekler niteliktedir.

Broughton, Sinatra ve Nussbaum (2013) "Pluto tüm hayatımın gezegeni oldu" başlıklı çalışmalarında, Pluto'nun bilimsel çevrelerce gezegen olmaktan çıkarılmasına ilişkin, beşinci ve altıncı sınıfta öğrenim gören 55 öğrencinin duygu, tutum ve kavram değişimlerini incelemiştir. Araştırmada veriler Pluto'nun Yeniden Sınıflandırılmasına Yönelik Duygu Anketi ve Pluto'ya Yönelik Tutum Anketi ile toplanmıştır. Kavramsal değişimin incelenmesi için de araştırmacılar tarafında altı maddelik açık uçlu test geliştirilmiştir. Araştırmada rastgele seçilen bir gruptaki öğrencilere çürütme metinleri okutulmuş, diğer gruba ise çürütme metinleri ile birlikte grupla tartışma yaptırılmıştır. Araştırma soruları kavram, duygu ve tutum açısından grupların ön, son ve gecikmiş son testteki gelişimlerini inceleme üzerine kurulmuştur. Araştırma sonuçları öğretim öncesinde öğrencilerin Pluto'nun gezegen olmaktan çıkarılmasına yönelik negatif tutum ve duygulara sahip olduklarını göstermiştir. Bu durumun öğrencilerin gezegenlerin taşıması gereken özellikleri bilmediklerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Anketlerin analizleri, çürütme metinlerine ve çürütme metinleri ile grup çalışmasına dayalı öğretim sonrasında öğrencilerin Pluto'nun gezegen olmaktan çıkarılmasına daha sıcak baktıklarını göstermiştir. Araştırmacılar çürütme metinlerinin tartışılarak tekrar okutturulmasının öğrencilerin kavramsal değişimine yardımcı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu durum kavramsal değişimin zaman gerektiren bir süreç olduğunu bir kez daha kanıtlamıştır.

Johnson ve Sinatra (2014) kaçınma ve yaklaşım hedeflerinin kavramsal değişim üzerindeki etkisini incelemek amacı ile 206 üniversite öğrencisinin katıldığı ve içeriğinde biyoloji konularından HIV/AIDS ile ilgili öğretimin yer aldığı bir çalışma yapmıştır. On üç maddelik kavram testi ön test olarak uygulandıktan sonra

öğrenciler akademik yaklaşım - kaçınma hedeflerine ve performansa dayalı yaklaşım - kaçınma hedeflerine göre dört gruba ayrılmıştır. Öğrencilere HIV/AIDS ile ilgili kavramsal değişime dayalı metin bilgisayar ortamında sunulmuş, öğrencilerin metinle ilgili açık uçlu soruları yanıtlamaları istenmiştir. Grupların kavramsal değişimleri kovaryans analizi ile incelenmiş ve sonuçlar yaklaşım yönelimli (approach oriented) öğrencilerin kaçınma yönelimli (avoidance oriented) öğrencilere göre kavramsal değişimi daha üst düzeyde gerçekleştirdiğini göstermiştir.

Çelik ve Kılıç (2014) ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinden seçtikleri 53 kişilik bir grupla, sınıf tabanlı tartışma (argümantasyon) yönteminin öğrencilerin kavramsal anlamaları ve kimya dersine yönelik tutumları üzerindeki etkisini incelemek amacı ile bir araştırma yapmıştır. Ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel desenin kullanıldığı çalışmada, Kavram Testi ve Kimya Dersine Yönelik Tutum Ölçeği ve yarı yapılandırılmış görüşmeler ile veriler toplanmıştır. Araştırma sonuçları sınıf tabanlı tartışma yönteminin kullanıldığı deney grubundaki öğrencilerin ölçeklerden aldıkları puanlar ile geleneksel öğretimin yapıldığı kontrol grubundaki öğrencilerin puanları arasında anlamlı bir fark bulunmuştur.

Heddy ve Sinatra (2013) araştırmalarında; Pugh (2002) tarafından önerilen "Bilimde Dönüştürülebilir Deneyimler İçin Öğretim" adlı modelin, öğrencilerin evrim ile ilgili duygularını ve kavramsal değişimlerini nasıl etkilediğini ortaya çıkarmaya çalışmıştır. Ön test son test kontrol gruplu desenin uygulandığı çalışmada deney grubuna sözü edilen model ile kontrol grubuna ise geleneksel yöntemler ile öğretim yapılmıştır. Üniversite öğrencilerinden sınıf ayrımı olmaksızın seçilen 55 öğrenci ile yürütülen çalışmada veriler Evrimsel Sonuç Çıkarma Anketi ve Evrim Duygu Anketi ile toplanmış, sonuçlar deney grubundaki öğrencilerin kavramsal değişimlerinin ve evrime yönelik duygular ölçeğinden aldıkları puanların kontrol grubundaki öğrencilere göre daha yüksek düzeyde olduğunu göstermiştir.

Hadjichilleos, Valanides ve Angeli (2013) bilişsel çatışma üzerinde bilişsel ve duyuşsal özelliklerin etkisini, dördüncü, altıncı ve sekizinci sınıfların her birinden alınan 15 öğrenci ile görüşmeler yaparak incelemiştir. Araştırmada öğrencilerin öğretim öncesinde fikirleri ortaya çıkarılmış ardından geliştirilen senaryolar ile bilişsel çatışma sağlanmıştır. Nitel olarak analiz edilen veriler ışığında araştırmacılar

kavramsal değişimin, bilişsel çatışmanın bilişsel ve duyuşsal yönlerinden etkilendiğini ortaya çıkarmıştır. Araştırmacılara göre bilişsel çatışma kişisel bir olay olmakla birlikte tüm öğrenciler tarafından aynı şekilde deneyimlenmeyebilir. Kavramsal değişim üzerine bilişsel çatışmanın etkisinin, kişinin yetenekleri ve çatışma ile yüz yüze geldiğinde ne hissettiklerine bağlı olduğu bu çalışmada ortaya çıkarılmıştır.

Hennesey (1999) ilköğretim birinci sınıftan altıncı sınıfa yaşları 6 ile 12 arasında değişen 170 kişilik bir grupla yaptığı çalışmada “üst bilişin doğasını, öğrencilerin deneyimleri ile üst bilişlerini nasıl harekete geçirdiklerini ve üst bilişin öğrencilerin kavramsal anlamalarındaki değişimin gerçekleşmesini kolaylaştırma anlamında nasıl bir rol oynadığını” açıklamaya çalışmıştır. Veriler ses/video kayıtlarına ve öğrencilerin araştırma tabanlı öğretim aşamalarında doldurdukları yazılı dökümanlardan toplanmıştır. Araştırma sonuçları üst bilişlerini kullanan öğrencilerin kavramsal anlamalarının daha üst düzeyde olduğunu göstermiştir.

Yıldız (2008), yedinci sınıfta öğrenim gören 52 kişilik öğrenci grubunun katıldığı araştırmasında belirlediği deney grubuna kuvvet hareket ünitesindeki kavramların öğretimini üst bilişsel yönlendirmeler ile desteklediği 5E modeline göre yapmıştır. Araştırmacı, kontrol grubuna yapılan öğretimde ise düz anlatım, soru – cevap gibi geleneksel yöntemlerinin kullanıldığını belirtmektedir. Araştırma sonuçları deney grubundaki öğrencilerin kuvvet hareket ünitesine ilişkin kavramsal değişimlerinin kontrol grubundaki öğrencilere göre daha üst düzeyde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Çalışmada sonuç olarak; öğrencilerin öğretim öncesindeki kavramlarını bazı durumlarda kullanmaya devam ettiklerinin anlaşıldığını, bunun ise ancak öğrencilerin sonuç çıkarma becerileri gibi özelliklerinin dikkate alınması ile açıklanabileceği rapor edilmektedir.

Altınsoy (2012) ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel deseni kullandığı araştırmasında uygulanan öğretimde üst bilişe yönelik stratejilerin kullanılmasının öğretmen adaylarının akademik başarılarına ve fiziğe yönelik tutumlarına etkisini incelemiştir. Deney grubuna üstbiliş stratejileri ile problem çözme etkinliklerine dayalı öğretim yapılırken kontrol grubuna geleneksel yöntemlerle öğretim yapılmıştır. Örneklemini 71 kişilik fen bilgisi öğretmen adaylarının oluşturduğu

araştırmada veriler zel Görelilik Teorisi Başarı Testi, Bilişotesi Farkındalık Envanteri ve Kuantum Fiziği Dersi Tutum leği ile toplanmıştır. Araştırma sonuçları deney grubundaki öğrencilerin akademik başarılarının ve fizik dersine yönelik tutumlarının kontrol grubundaki öğrencilere göre daha st düzeyde olduğunu göstermiştir.

2.4 Kavramsal Değişime Dayalı alışmaların Yorumlanması

Yukarıda değinildiği gibi Pintrich ve arkadaşlarından (1993) sonra kavramsal değişimde yaşanan duyuşsal devrim, kavramsal değişime yönelik çalışmaları motivasyon, tutum gibi sıcak unsurlara doğru kaydırımıştır. Devrim öncesinde alan yazında yer bulan araştırmalar soğuk modeller ve kavramsal değişimi en etkili şekilde sağlayacak öğretimin tasarımı üzerine kurulmuştur. Bununla birlikte devrim sonrasında da kavramsal değişimin yalnız soğuk ve klasik yapısını dikkate alarak yapılan araştırmalar da mevcuttur. Pintrich devrimi sonrasında alan yazında özellikle motivasyon ve ona ait öz yeterlik, fen öğrenmenin değeri, değer ve inançlar gibi alt boyutların kavramsal değişim ile ilişkilendirilmeye çalışıldığı çalışmalara rastlanmaktadır.

Tuan, Chin ve Shieh (2005) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları kavramsal değişimin motivasyondan kuvvetlice etkilendiğini göstermiştir. Araştırmacılar, kavramsal değişimde motivasyonun kuramsal olarak sürekli modellere eklendiğini ancak henüz deneysel çalışmalar yapılmadığını belirtmektedir. Kavramsal değişimin motivasyon ile ilişkilendirildiği çalışmalarda (Tseng, Tuan ve Chin, 2010; Taasobshirazi ve Sinatra, 2011) yapısal eşitlik modeli ya da korelasyon yöntemleri ile motivasyon düzeyinin kavramsal değişimi etkilediği ya da kavramsal değişimle korelasyon gösterdiği şeklinde sonuçlara ulaşılmıştır. alışmalara bakıldığında yalnızca kavramsal değişimle motivasyonel unsurların pozitif ilişkilerinin kanıtlandığı görülmektedir. Kavramsal değişimin motivasyon ile ilişkili olduğu kanıtlanmışken, kavramsal değişimi sağlamak için motivasyonu nasıl artıracadıız sorusunun yanıtı, alan yazında henüz ciddi olarak yanıtlanabilmiş değildir.

Broughton, Sinatra ve Nussbaum (2013) "Pluto tüm hayatımın gezegeni oldu" başlıklı çalışmalarında duygu, tutum ve kavram değişimlerini incelemiştir. Heddy ve Sinatra (2013) çalışmalarında duygular ve kavramsal değişimi incelemiştir. Yakın tarihli bu çalışmalardan da görüldüğü gibi motivasyon ve tutum (duygular) kavramsal değişimde yeni eğilim olarak değerlendirilebilir.

Pintrich devrimi sonrasında yapılan She (2002, 2003, 2004a), Lee ve Byun (2012), Hadjiachilleos, Valanides ve Angeli (2013) gibi çalışmalara bakıldığında bilişsel çatışmanın halen kavramsal değişimde eskimeyen bir değer olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Lee ve Byun (2012) kavramsal değişimin ilk şartı olarak bilişsel çatışmayı önermekte, Hadjiachilleos ve arkadaşları (2013) ise bilişsel çatışmanın duyuşsal özellikler ile ilişkili olduğunu öne sürmektedir. She (2002) tarafından kavramsal değişim için öne sürülen İkili Yerleşik Öğrenme Modeli ve modelin kavramsal değişimdeki etkisini inceleyen birçok çalışmada (She, 2003; She, 2004a; Tuan, Chin ve Shieh, 2005; Tseng, Tuan ve Chin, 2010) bilişsel çatışma üzerine kurulan öğretimler göze çarpmaktadır. Bununla birlikte Pintrich devrimi sonrasında kavramsal değişime dayalı olarak yapılan araştırmalarda felsefesi Kavramsal Değişim Teorisine (KDT) dayanmayan, daha çok yapılandırmacı kuram temelli 5E modeli ile öğretimlerin yapıldığı ve bu öğretimlerin öğrencilerin kavramsal değişimlerine etkisinin incelendiği görülmektedir (Yıldız, 2008; Anıl, 2010; Küçük, 2011). Devrim sonrası geliştirilen ve alan yazında ses getiren en ciddi model, KDT'ye dayanan ve She (2002) tarafından önerilen İkili Yerleşik Öğrenme Modeli'dir (İYÖM). Model motivasyon unsuruna vurgu yapmakta ancak bu vurguyu yalnızca bilişsel çatışmanın oluşturulduğu aşamaya bağlamaktadır.

Bununla birlikte üst biliş son yıllarda kavramsal değişimde yeni bir eğilim oluşturmaktadır. Kavramsal değişimde Pintrich ve arkadaşlarının (1993) mirası olan ve ilk kez kavramsal değişime Yıldız (2008) tarafından eklenen üst bilişin kavramsal değişim üzerindeki olumlu etkisi yukarıda belirtilen birçok çalışmada kanıtlanmıştır. Ayrıca üst bilişin motivasyon ile ilişkisi, üst bilişe yönelik sınıf atmosferinin tutum üzerindeki etkisi de birçok araştırmada ortaya çıkarılmıştır. Bu durumda devrim sonrası alan yazında var olan ve sıcak unsurlara vurgu yapan yegâne model olan İYÖM' nin üst bilişten yoksun olduğu gerçeği ile karşılaşılmaktadır. Giriş bölümünde detayları verilen kavramsal değişimde ılık ve sıcak eğilim sonrasında

İYÖM dışında ciddi bir öğretim modeli önerisinin yapılmadığı görülmektedir. Yıldız (2008) üst bilişi kavramsal değişime eklemiş, yeni bir kavramsal değişim modeli önerisinde bulunmuştur. Ancak önerdiği kavramsal değişim modeline dayalı olarak bir öğretim modeli önermemiş, araştırmasında gerçekleştirdiği öğretimde yapılandırmacı yaklaşıma dayanan 5E modelini kullanmıştır. Bununla birlikte kavramsal değişimde ılık (Dole ve Sinatra, 1998; Sinatra, 2005) ve sıcak eğilim (Gregoire, 2003) olarak ortaya çıkan kavramsal değişim modellerinin de üst bilişten yoksun oldukları ortaya çıkmaktadır.

Tüm bu yorumlardan sonra, bu çalışmada kavramsal değişimin yanında neden "motivasyon ve tutum" unsurları üzerine gidildiğinin açığa çıktığı düşünülmektedir. Son söz ise; bu çalışmada test edilecek olan "Sıcak kavramsal değişim için üst bilişsel ve motivasyonel unsurlarla desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modelinin" alan yazın için ne kadar ciddi bir değere ve öneme sahip olduğudur.

2.5 Modern Fiziğe Dayalı Çalışmalar

Bu bölümde modern fizik kavramları ile ilgili alan yazında karşılaşılan çalışmalardan bu çalışmayla ilişkilendirilebilecek örnekler sunulacaktır. Çalışmalar belirli başlıklar altında aşağıda sunulmuştur.

2.5.1 Kuantum Fiziği ve Kuantum Fiziğine Giriş ile İlgili Çalışmalar

Son yıllarda modern fizik ile ilgili çalışmalar büyük oranda artmıştır. Alan yazında bu artışın daha çok kuantum fiziğinde olduğu görülmektedir (Rebello, Sushenko ve Zollman 1997; Johnston, Crawford ve Fletcher, 1998; Petri ve Niedderer, 1998; Charles, Abegg ve Garik, 1999; Mashhadi ve Woolnough, 1999; Ireson, 1999; Wittmann, Steinberg ve Redish, 2002; Abhang, 2005; Günel, Hand ve Gündüz, 2006; Bilal ve Erol, 2007; Hinojosa, 2008; Hobson, 2008; Johanson ve Milstead; 2008; Özdemir ve Erol, 2008; Baily ve Finkelstein, 2010). Bu çalışmalar, kavram yanlışlarını ve öğretimi güçleştiren faktörleri ortaya çıkarmaya yönelik çalışmalar ile kuantum fiziğinin daha etkin öğretimi üzerine yapılan deneysel çalışmalar olmak üzere iki grupta toplanabilmektedir.

Steinberg, Wittman, Bao and Redish (1999) kuantum fiziğinin öğrenilmesinde klasik fizik kavramlarının etkisini araştırmış ve öğrencilerin, dalga kavramına yönelik kabul edilebilir görüşlere sahip olmadıklarını ve klasik fizik konularının iyi düzeyde anlaşılmasının kuantum fiziği kavramlarının yanlış anlaşılmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Masshadi ve Woolnough (1999) öğrencilerin elektron ve foton kavramlarını zihinlerinde nasıl canlandırdıklarını araştırmışlardır. Öğrencilerin zihinlerinde çok çeşitli, bilimsel olmayan görüşlerin olduğunu ifade etmişlerdir. Bethge ve Niedderer (1996) öğrencilerin kuantum fiziksel parçacıkların belirsizlik içeren yapısını kabul etmelerine rağmen klasik fizikten gelen görüşlerini korumaya devam edebildiklerini belirtmektedirler. Araştırmalarını yaptıkları öğrenci grubundan atomun resmini çizmelerini istemişler ve öğrencilerin ancak %25'inin kuantum fiziğine dayanan yanıtlar verdiklerini ortaya koymuşlardır. Diğer öğrenciler klasik fizik mantığı içeren yanıtlar vermişlerdir.

Özdemir ve Erol (2008) öğrencilerin belirsizlik ilkesi ve dalga kuramı ile ilgili kavram yanılgılarını belirlemiş ve bu yanılgıların kuantum fiziğinin olasılık ve belirsizlik içeren yapısından kaynaklandığını öne sürmüşlerdir. Müller ve Wiesner (1999) öğrencilerin atom ve belirsizlik ilkesi gibi kavramları nasıl öğrendiklerini araştırmış, kuantum fiziği öğrenmenin güçlüğüne vurgu yapmışlardır. Olsen (2002) öğrencilerin elektron ve fotonu anlamakta güçlük yaşadıklarını ortaya koymuş, yaşanan bu güçlüğü altında yatan nedenin ise klasik fizik kavramları olduğunu ifade etmiştir. Ireson (1999) etkili bir öğretim için kuantum fiziğinin klasik fizikten bağımsız olarak açıklanması gerektiğini öne sürmüştür. Abhang (2005) öğrencilerin klasik fizik kavramlarını oldukça inandırıcı ve kanıtlanabilir bulduklarını, bu nedenle kavramları kullanarak, kuantum fiziğinin belirsizlik ve olasılık içeren kavramlarını öğrenmede güçlük yaşadıklarını vurgulamıştır. Kuantum fiziği öğretiminde, klasik fizik yasalarının limit durumlarını almanın, düşünce deneylerine başvurmanın ve kavramları bağımsız olarak ele alarak açıklamanın yerine aralarındaki mantıksal bağı belirterek yapılacak olan öğretimin gerekliliğini vurgulamıştır.

Görüldüğü gibi kuantum fiziği ile ilgili birçok çalışma alan yazında göze çarpmaktadır. Kuantum fiziğinin nasıl daha iyi öğretilbileceği, kuantum fiziği ile ilgili alternatif kavramlar ve kuantum fiziği öğrenenlerin yaşadığı güçlükler tartışılmış durumdadır. Ancak yapılan çalışmaların neredeyse hepsi üniversite

öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Oysaki kuantum fiziğinin temelleri ortaöğretimde atılmaktadır. Işığın dalga ve tanecik modeli, maddesel parçacıkların dalga özelliği, atom modelleri gibi konular ortaöğretim fizik dersi programlarının kuantum fiziğine temel oluşturan konularıdır.

2.5.2 Işığın ve Maddenin Dalga-Tanecik Doğası

Pospiech'e (2000) göre kuantum fiziğinin daha etkili olarak öğretilmesi, dalga parçacık ikilemi ve belirsizlik ilkesinin etkili biçimde öğretilmesine bağlıdır. Ambrose, Heron, Vokos ve McDermott (1999) öğrencilerin ışığın doğası ile ilgili modellerini belirlemiş ve öğrencilerin birçoğunun ışığın yapısına yönelik mantıklı bir model geliştiremediklerini ifade etmişlerdir. Wosilait, Heron, Shaffer ve McDermott (1999) ile Vokos, Shaffer, Ambrose ve McDermott (2000) yaptıkları çalışmada öğrencilerin ışığın ve maddenin dalga doğası, parçacıkların kırınımı ve girişimi olaylarına yönelik anlamalarını incelemişlerdir. Çalışma sonuçları; öğrencilerin temel dalga bilgisini kullanarak, kırınım ve girişim olaylarını yorumlamakta güçlük yaşadıklarını, ayrıca de Broglie dalgaboyunu açıklamakta zorlandıklarını ortaya koymuştur.

Ambrose, Shaffer, Steinberg ve McDermott (1999) ile Kocakulah ve Kural'a (2010) göre öğrenciler ışığın çift yarıktaki girişimi ve tek yarıktaki kırınımı olaylarını açıklarken ışığın dalga modelini kullanmakta zorluk çekmektedirler. Ayrıca bu çalışmalara göre bazı öğrenciler ışığın dalga ve tanecik modelini birleştirerek melez (hibrit) modeller oluşturmuşlardır. Kocakulah ve Kural (2010) yapılandırmacı yaklaşımın temel alındığı ışığın dalga modeli öğretiminin öğrencilerin kavramsal değişimlerine olumlu etki yaptığı sonucuna ulaşmışlardır. Sengören (2010) üniversite öğrencilerinin optik olaylarını açıklarken ışık teorilerini nasıl kullandıklarını ortaya çıkarmıştır. Öğrencilerin dalga modelini kullanırken küresel ve sinüsoidal dalgalar çizdiklerini, küresel dalgalar çizenlerin dalga modelini daha fonksiyonel olarak kullandıklarını belirtmiştir. Aynı çalışmada öğrencilerin ışığın kırılması olayında dalgaboyu değişimini açıklayamadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Modern Fiziğin alt bölümlerinden olan ışığın dalga ve tanecik modeli konuları alan yazında pek az çalışılan konulardandır. Özellikle ışığında dalga modeli yalnızca yukarıda verilen araştırmacılar tarafından çalışılmıştır denilebilir.

2.5.3 Fotoelektrik Olay ve Compton Olayı

Steinberg, Oberem ve McDermot (1996) birçok öğrencinin fotoelektrik olayı ışığın foton modelini kullanarak açıklayamadıklarını belirtmiştir. Araştırmacılar, geliştirmiş oldukları bilgisayar programı ile çalışan öğrencilerin fotoelektrik olay, akım gerilim grafikleri gibi noktalara daha iyi açıklamalar yapabildiklerini ortaya çıkarmışlardır. Steinberg ve Oberem (2000) öğrencilerin ışık şiddeti ve enerji arasındaki ilişkiyi açıklamakta zorlandıklarını ifade etmişler, öğrencilerin bu zorluğun üstesinden gelebilmeleri için interaktif bilgisayar simülasyonlarından destek almışlardır. Aynı araştırmacılar LED'ler, transistör ve spektrometre gibi soyut konularda da interaktif simülasyonlar geliştirdiklerini belirtmişlerdir. Çalışmada öğrencilerin, fotonun yüklü olduğunu, ayrıca Ohm Yasasının ($V=iR$) fotoelektrik devresinde kullanılabileceği türünden alternatif kavramları ortaya çıkarılmıştır. Örneğin öğrenciler ni düşünmektedirler. Bu çalışmada öğrencilerin bilgisayar simülasyonlarını kullanarak frekans ve ışık şiddetindeki değişimlerin fotoelektrik akımını nasıl etkileyeceğini keşfetmeleri sağlanmış ve "Fotoelektrik Uzmanı" (Photoelectric Tutor) şeklinde isimlendirilen bilgisayar programının öğrencilerin öğrenmelerine yardımcı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

McKagan, Handley, Perkins ve Wieman (2008) yine bir bilgisayar programı kullanarak öğrencilerin fotoelektrik olay konusundaki anlamalarını izlemişlerdir. Bilgisayar programı yanında matematiksel ve kavramsal ev ödevi vermişlerdir. Ev ödevleri incelenmiş ve analiz edilmiştir. Steinberg ve Oberem (2000)'in kullandığı Fotoelektrik Uzmanı Programını potansiyel fark değişiminin sonuçları bakımından eleştirmişler, öğrencilerin fotoelektrik olayı anlamalarında yeterli olmadığını belirtmişlerdir. Kendilerinin geliştirdiği simülasyonda, kesme potansiyeli uygulandığında elektronların karşı levhaya kadar gidip geri döndüklerinin görüldüğünü, bu durumun öğrencilerin anlamalarını kolaylaştırdığı sonucuna ulaşmışlardır. McKagan ve arkadaşları (2008), Steinberg ve Oberem'in (2000) geliştirdiği programa göre daha başarılı bir program geliştirdiklerini belirtmektedir. Ayrıca McKagan ve arkadaşları (2008); Steinberg, Oberem ve McDermot (1996), Steinberg ve Oberem'in (2000) çalışmalarını bilgisayar yazılımlarının geleneksel öğretim ile birlikte kullanılması açısından eleştirmişler ve bilgisayar destekli öğretime tartışma boyutunu eklemişlerdir. Leone ve Oberem'e (2004) göre

öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal anlamaları, klasik fiziğin elektrik devreleri, elektromanyetik dalgalar ve dalgalar konularına ilişkin bilgilerinden etkilenmektedir. Asikainen ve Hirvonen (2009) yaptıkları çalışmada araştırma tabanlı yaklaşım çerçevesinde geliştirilen “Üst kavramsal öğretim yaklaşımı” (MetaConceptual Instructional Approach) ve “Döngüsel öğretim-öğrenme süreci” (Cyclic Teaching–Learning Procedure) stratejilerinin, fizik öğretmen adayları ve fizik öğretmenlerinin fotoelektrik olaya ilişkin anlamalarını nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Öğrencilerin anlamalarına kullanılan bu stratejilerin olumlu etki yaptığı sonucuna varmışlardır. Bazı öğrenciler enerjinin korunumu konusunda bilgi eksikliğine sahip olduklarından fotoelektrik olayı açıklamakta zorlanmışlardır. Ayrıca Bohr modeline ilişkin fikirlerin kuantum fiziksel olayları anlamının önüne geçebildiği de rapor edilmiştir.

Fotoelektrik olay ile ilgili çalışmaların çoğunun bilgisayar yazılımları üzerinde kurulu olduğu görülmektedir. Genel olarak yapılan çalışmalarda katılımcılar öğretmen adayları ya da öğretmenlerdir. Ortaöğretim dönemi öğrencilerini dâhil eden çalışmalar azınlıktadır. Yıldız ve Büyükkasap (2011) ön test son test kontrol gruplu deseni kullandıkları araştırmalarında fen bilgisi öğretmenliği üçüncü sınıf öğrencileri ile çalışmıştır. Araştırmacılar, öğrenme içeriği olarak seçtikleri Compton olayına yönelik akademik başarıya, öğrenme amaçlı yazma etkinliklerinin etkisini incelemeye çalışmışlardır. Deney grubu olarak seçilen gruptaki öğrencilere yazma etkinlikleri ile öğretim yapılırken, kontrol grubundaki öğrencilere geleneksel yaklaşım ile öğretim yapılmıştır. Araştırma sonuçları deney grubunun akademik başarısının kontrol grubuna göre daha üst düzeyde olduğunu göstermiştir. Araştırmada sonuç olarak; öğrencilerde “*Compton olayı elektronların çarpışmasıdır, Compton olayı ışığın dalga özelliğini kanıtlar, Compton olayı Fotoelektrik olayın tam tersidir*” şeklinde kavram yanlışlarının tespit edildiği belirtilmektedir. Compton Saçılması konusunda geniş çaplı çalışmalara rastlanmamıştır. Dolayısıyla Compton Olayı ilgili öğrencilerin ön kavramları, zihinsel modelleri ve tasarlanacak bir öğretimin kavramsal değişime etkisi merak uyandıran bir konu olmaya devam etmektedir.

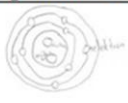

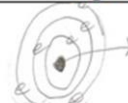
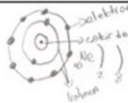




2.5.4 Atom Modelleri

Harrison ve Treagust (1996) yaptıkları çalışmada öğrencilerin atom ve moleküllerle ilgili zihinsel modellerini görüşmeler yolu ile ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Genel olarak öğrencilerin atomu açıklamak için güneş sistemi modelini tercih ettiklerini ortaya çıkarmışlardır. Ayrıca Bohr Atom modelinin öğrencilerin büyük çoğunluğu tarafından benimsendiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada bazı öğrencilerin atomu hücreye benzeterek açıkladıkları, hücre çekirdeğini atom çekirdeği ile karıştırdıkları ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca araştırmacılar, elektron bulutunun elektronların yerleştiği yer olarak düşünüldüğünü, öğrencilerin elektronların atomu çevreleyerek atomu dış etkilere koruduğuna yönelik inançlarının bulunabildiğini ifade etmişlerdir. Bethge ve Niedderer (1996) 13. sınıfta öğrenim gören 19 yaş grubundaki öğrencilerden atomun resmini çizmelerini istemişlerdir. Öğrencilerin %25'inin atomun şeklini kuantum fiziği çerçevesinde, %25'i klasik düşünce ile kuantum fiziksel düşünceyi birlikte kullanarak, geri kalan %50'sinin de yalnızca klasik düşünce ile çizdikleri belirtilmiştir.

Akyol (2009) tarama desenindeki çalışmasında 265 fen bilgisi öğretmen adayının atomun yapısına ilişkin zihinsel modellerini ortaya çıkarmaya çalışmış, veriler dört adet açık uçlu soru içeren anket ile toplanmıştır. Araştırmacı seçtiği 30 öğrenci ile görüşmeler yaparak derinlemesine bilgi edinmeye çalışmıştır. Araştırma sonuçları, modern atom teorisine dayanan atom modelinin öğretime katılmış olsalar da öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun halen Rutherford ve Bohr Atom Modeline dayanan yanıtlar verdiklerini göstermiştir. Ayrıca öğrencilerin atomun boyutları ile ilgili ifadelerinin, sayısal ifadelerden çok günlük hayatta küçük nesnelere atomun karşılaştırıldığı ifadelerle dayandığı rapor edilmiştir.

Çökelez ve Yalçın (2012) ilköğretim yedinci sınıfta öğrenim gören 215 öğrenci ile atoma ait zihinsel modelleri ortaya çıkarmak amacı ile yürüttükleri nitel araştırmada örnek olay desenini kullanmışlardır. Araştırma verileri ise ilki "Zihninizdeki atom yapısını çizerek açıklayınız" ikincisi ise "Atom hangi büyüklüktedir? Bilinen bir şeyle karşılaştırınız" şeklinde iki sorudan oluşan test ile toplanmıştır. Öğretimden iki hafta önce ön test, iki hafta sonra da son test olarak

uygulanan ölçme aracına öğrencilerin verdikleri yanıtlar kategorilere ayrılmış ve frekans analizleri yapılmıştır. Araştırmacılar, öğretim öncesinde öğrencilerin Bohr Atom Modeline dayalı çizimlerinin yüzdesinin yalnızca %5' te kaldığı, çeşitli kitap ve dergilerde oldukça sık rastlanan çizim olan medyatik modelin ise yüzdesinin yaklaşık %13 olarak hesaplandığı, en çok verilen yanıtın da basit bir yuvarlak şeklinde çizilen "top modeli" olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacıların çalışmalarında karşılaştıkları bazı atom çizimleri Şekil 2.1' de görülmektedir. Araştırmada yapılan öğretim sonrasında öğrencilerin %50'si gibi büyük bir çoğunluğunun Bohr Atom Modeline dayanan çizimleri benimsediği, benimsenen ikinci modelin ise yaklaşık %23 gibi bir frekans değeri ile medyatik modelin olduğu görülmektedir. Araştırmacılar modern fiziğe dayalı elektron bulutu çiziminin yalnızca yaklaşık %5'te kaldığını, öğrencilerin öğretim sonrasındaki zihinsel modellerinin büyük çoğunluğunun Bohr Atom Modeline dayandığını ortaya çıkarmışlardır.

Öğrenim Öncesi/Öğrenim Sonrası		Öğrenim Öncesi/Öğrenim Sonrası	
			
Bohr Atom Modeli		Güneş Sistemi Modeli (Rutherford Atom Modeli)	
			
Medyatik Model		Top Modeli	

Şekil 2.1: Öğrencilerin ön ve son test uygulamasında atoma ilişkin çizimleri (Çökelez ve Yalçın'dan (2012) alınmıştır).

Karagöz ve Sağlam Arslan (2012) ilköğretim yedinci sınıf öğrencilerinin atomun yapısına ilişkin zihinsel modellerini ortaya çıkarmak amacı ile özel durum deseninde bir araştırma yapmıştır. Araştırmacılar 45 kişilik gruba geliştirdikleri açık uçlu testi uygulamış, sonuçlar üzerinde betimsel analiz yapmıştır. Öğrencilerin verdikleri yanıtların dört kategoride toplandığı rapor edilmiştir. Bu kategoriler 1) Güneş sistemi modeli, 2) Tanecikli Yiyecek Modeli, 3) Dünya Modeli ve 4) Dönme Dolap Modeli şeklinde isimlendirilmiştir. Araştırmanın bulguları, Çökelez ve Yalçın'ın (2012) bulgularını destekler niteliktedir.

Kimyasal bağlar ve atomun yapısı üzerine pek çok çalışma (Coll ve Taylor, 2001; Coll ve Treagust 2001; Nicoll, 2001) bulunmaktadır. Atoma dayalı bu çalışmaların genellikle ortaöğretim kimya ve ilköğretim fen ve teknoloji dersi kapsamında yapıldığı görülmektedir. Türkiye Cumhuriyeti, Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 26.12.2008 tarih ve 288 sayılı kararı ile Atom Teorileri konusuna Modern Atom Teorisi de eklenmiştir. Bu durumda ortaöğretim öğrencilerinin fizik dersi kapsamında, atom teorileri konularındaki öğretim öncesindeki fikirleri, öğretimin bu kavramları nasıl etkileyeceği, öğretim sonrasında öğrencilerin atom ile ilgili geliştirdikleri modelleri araştıran bir çalışmanın dikkat çekici olacağı düşünülmektedir. Ayrıca görülmektedir ki; atom teorileri konusuna ilişkin yapılan çalışmalarda öğrencileri görüşlerini incelenmiş ancak öğretimde kullanılan değişik strateji ve yöntemlerin öğrencilerin zihinsel modelleri, ön kavramları ya da kavram yanılgıları üzerinde ne gibi etkilerinin olduğu konusunda yok denecek kadar az çalışma yapılmıştır. Ayrıca öğrencilerin atomun kesikli enerjisi, bu kesikli enerjinin doğası, kesikli enerji fikrini doğuran devrim niteliğindeki Franck ve Hertz deneyi konusundaki fikirleri üzerinde pek az durulduğu görülmektedir. Bununla birlikte, KDT' ye dayanan bir öğretimin öğrencilerin atom modelleri ile ilgili kavramlarını nasıl etkileyeceği alan yazında henüz yanıtlanmamış bir soru olarak durmaktadır.

3. YÖNTEM

Bu bölümde; araştırmanın modeli, örnekleme, verilerin toplanması ve analiz sürecine ilişkin bilgilere yer verilmektedir.

3.1 Araştırma modeli

Bu araştırmada öğrencilerin motivasyonel ve üst bilişsel stratejilerle desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı olarak tasarlanan modern fizik öğretiminin, ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin kavramsal değişimleri ile fizik dersine yönelik motivasyon ve tutumları üzerindeki etkisi inceleneceğinden dolayı nitel ve nicel araştırma yöntemlerinin bir arada kullanıldığı karma yöntem tercih edilmiştir (Tashakkori ve Teddlie, 1998; Creswell ve Plano Clark, 2007). Creswell'e (2013) göre eğitim araştırmalarında farklı yaklaşımlardan gelmekte olan nitel ve nicel yöntemlerin birleştirilerek kullanılması yükselen bir değer haline gelmektedir. Ayrıca Creswell'e (2008) göre nitel ve nicel araştırma yöntemlerinin karma yöntem olarak bir arada kullanılması, araştırma sorularının yanıtlanması noktasında bu yöntemlerin ayrı kullanıldığı duruma göre daha başarılıdır. Creswell (2008) eğitim araştırmalarında kullanılan karma desenleri gömülü, açıklayıcı, paralel, keşfedici olmak üzere dört grupta toplamıştır. Bunlardan gömülü (embedded) karma desende nicel ve nitel veriler eş zamanlı toplanır. Bununla birlikte bu iki veri türünden biri diğerini destekler niteliktedir (Büyüköztürk ve arkadaşları, 2013). Bu çalışmada nitel araştırma deseni odak alınmış, nitel veriler toplanırken bu verileri desteklemek amacıyla nicel veriler toplanarak karma desenlerden gömülü desen kullanılmıştır.

Bogdan ve Biklen'e (2007) göre alan yazında karşılaşılan ve karma desenlerin kullanıldığı araştırmalar incelendiğinde karma düzeyi, vurgu yaklaşımı ve zaman yönelimine göre üç gruba ayrıldıkları görülmektedir. Araştırma desenleri karma düzeyi açısından kısmen ya da tamamen karma, zaman yönelimi açısından eş zamanlı ya da sıralı, vurgu yaklaşımı açısından baskın ya da eşit statüde olabilmektedir (Leech ve Onwuegbuzie, 2007). Bu araştırma, nitel ve nicel desenlerin her aşamada ortak kullanılması açısından tamamen karma, desenlerin eş

zamanlı kullanıldığı, nitel baskın statüdedir. Araştırmada basit yüzde frekans analizi ile öğretim öncesi ve sonrası toplanan nitel verilerin karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Çalışmada bilişsel çatışmaya dayalı olarak hazırlanmış öğretim modelinin öğrencilere kavramsal değişim noktasında yardımcı olup olmadığı test edileceğinden, öğrenci gruplarının karşılaştırılmasından uzak durulmuş, böylelikle nicel bölüm için ön - son test tek gruplu desen kullanılmasına karar verilmiştir (Karasar, 2002). Bununla birlikte, örnekleme yer alan bireylerin incelenen kavramlara hangi anlamlar yüklediklerine odaklanarak nitel tanımlamalar verilmeye çalışılmıştır. Bu tanımlamalar incelenen kavramlar arası ilişkiyi de içerecek şekilde hiyerarşik olarak sıralanmış ve kategoriler halinde düzenlenmiş olduğundan çalışmanın bu haliyle fenomenolojik nitel araştırma desenine (Marton, 1986; Smith ve Eatough, 2007) sahip olduğu söylenebilir.

3.2 Örneklem

Araştırmanın örnekleme, nitel araştırmalarda kullanılan örnekleme türlerinden biri olan kolay ulaşılabilir durum örneklemesine göre belirlenmiştir (Patton, 1987). Hız ve kolaylık sağlayan kolay ulaşılabilir durum örneklemesinde araştırmacı kendisine yakın olan ve kolaylıkla ulaşabileceği durumu seçer (Yıldırım ve Şimşek, 2000). Evreni temsil etme gücü zayıf olan kolay ulaşılabilir örnekleme türünde amaç, evrene genelleme yapmak değildir. Örneklem seçim yönteminden kaynaklanan bu problemi aşmak için, örneklemin belirlenmesinde Türkiye'de eğitim veren ortaöğretim kurumlarının birçoğuna benzeyen bir kurumun seçilmesine özen gösterilmiştir. Araştırmanın sürdürüldüğü ortaöğretim kurumu 2013-2014 Temel Eğitimden Ortaöğretime Geçiş Sınavında (TEOG) 406,76 taban puanı ile öğrenci almıştır (T.C. MEB resmi web sitesi, 2014). Bu sınavda alınabilecek en yüksek puan 500 puandır. TEOG sınavı sonuçlarına dayanarak örnekleme yer alan öğrencilerin Türkiye genelinde ortalama başarıya sahip öğrenciler olduğu söylenebilir. Ayrıca araştırmanın yapıldığı ortaöğretim kurumu, bireylerinin ağırlıklı geçim kaynağı tarım ile hayvancılık olan ve toplam 49.562 nüfuslu bir ilçede yer almaktadır (TÜİK, 2012). Çalışmanın yapıldığı ortaöğretim kurumu Türkiye şartları düşünüldüğünde ortalama sosyo-ekonomik düzeyine sahip bir il ve ilçede bulunmaktadır. Böylelikle örneklemin akademik düzey bakımından olduğu gibi sosyo ekonomik durum açısından da Türkiye genelini temsil ettiği söylenebilir.

Araştırmanın örneklemini 2012-2013 eğitim öğretim yılında Manisa İline bağlı bir ilçedeki bir Anadolu Öğretmen Lisesinin 11. Sınıftaki iki şubede öğrenim gören toplam 40 öğrenci oluşturmaktadır. Örneklem, 11 A şubesinde 6 kız 13 erkek, 11 B şubesinde 13 kız 8 erkek olmak üzere toplam 19 kız, 21 erkekten oluşmuştur.

3.3 Araştırmacının Rolü

Araştırmacı, çalışmaya yön veren teorik alt yapının kurulması, öğretim modelinin kurgulanması, öğretimin tasarımı ve uygulanması aşamalarını kendisi yürütmüştür. Araştırmacı veri toplama araçlarının geliştirilmesi, deneme çalışmalarının yapılması ve örnekleme uygulanması işlemlerinde aktif bir şekilde görev almıştır. Araştırmacı örneklem olarak seçilen ortaöğretim kurumunda da resmi olarak fizik öğretmenliği görevini sürdürmekte olduğundan, araştırmanın her aşamasına doğal olarak katıldığı da söylenebilir.

Nitel araştırmalarda araştırmacının sürece dâhil olması, çalışılan ortamı manipüle ettiğinden bir sınırlılık olarak görülmekte ve öğrencilerde bir yenilik etkisi oluşturduğu belirtilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2000). Bu araştırmada araştırmacının örneklem olarak seçilen ortaöğretim kurumunda öğretmen olarak çalışması ile bu etkinin önüne geçildiği düşünülmektedir. Ayrıca, çalışmada yer alan öğretim modelinin getireceği yenilik etkisini (novelty effect) azaltmak amacı ile araştırma konusundan önceki üniteye yer alan konu ya da kavramlarda aynı öğretim yaklaşımı uygulanarak araştırmanın geçerliliği artırılmaya çalışılmıştır (Gravetter ve Forzano, 2012). Bundan başka, araştırmacı veri toplama ve analiz etme işlemlerini içerecek biçimde çalışma sürecinde izlediği aşamaların tümünü açık ve ayrıntılı bir biçimde raporlaştırarak araştırmanın güvenilirliğini artırmaya çalışmıştır. Araştırmacı, araştırmada elde edilen bulguları ve bulgulara bağlı yaptığı yorumları kavram testindeki ifadeler ile görüşmelerdeki açıklamalardan doğrudan alıntılar ile destekleyerek sunmuş böylelikle de güvenilirliği sağlamak için çaba sarf etmiştir.

3.4 Veri Toplama Araçları ve Geliştirilmesi

Araştırmada öğrencilerin öğretim öncesindeki ön kavramlarını ortaya çıkarmak, öğretim sonrası kavramsal değişimlerini incelemek amacıyla Modern Fizik

Kavram Testi (MFKT) geliştirilmiştir. İkinci veri toplama aracı olarak kullanılan yarı yapılandırılmış görüşmeler, öğretim öncesinde öğrencilerin fikirlerinin ne olduğu, bu fikirlerin öğretim sonrasında ne gibi bir değişim gösterdiği ve bu değişime etki eden etkenlerin ne olduğunu ortaya çıkarmak amacı ile gerçekleştirilmiştir. Üçüncü veri toplama aracı olarak kullanılan Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği, öğretim öncesi ve sonrasında öğrencilerin motivasyon düzeylerini belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Dördüncü veri toplama aracı olarak kullanılan Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği, öğretim öncesi ve sonrasında öğrencilerin fizik dersine yönelik tutum düzeylerinin ortaya çıkarılması için kullanılmıştır.

Tablo 3.1: Çalışma Grubunda Gerçekleşen İşlemler.

Grup	Ön Test	İşlem	Son Test	Gecikmiş Son Test
G ₁	T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄	X	T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄	T ₁ , T ₄

G₁: Çalışma Grubu

T₁: Modern Fizik Kavram Testi (MFKT)

T₂: Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği (FDMÖ)

T₃: Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği (FDYTÖ)

T₄: Öğrenciler ile yapılan görüşmeler

X: Üstbilişsel ve Motivasyonel stratejilerle desteklenmiş, bilişsel çatışmaya dayalı ortaöğretim 11.sınıf modern fizik öğretimi

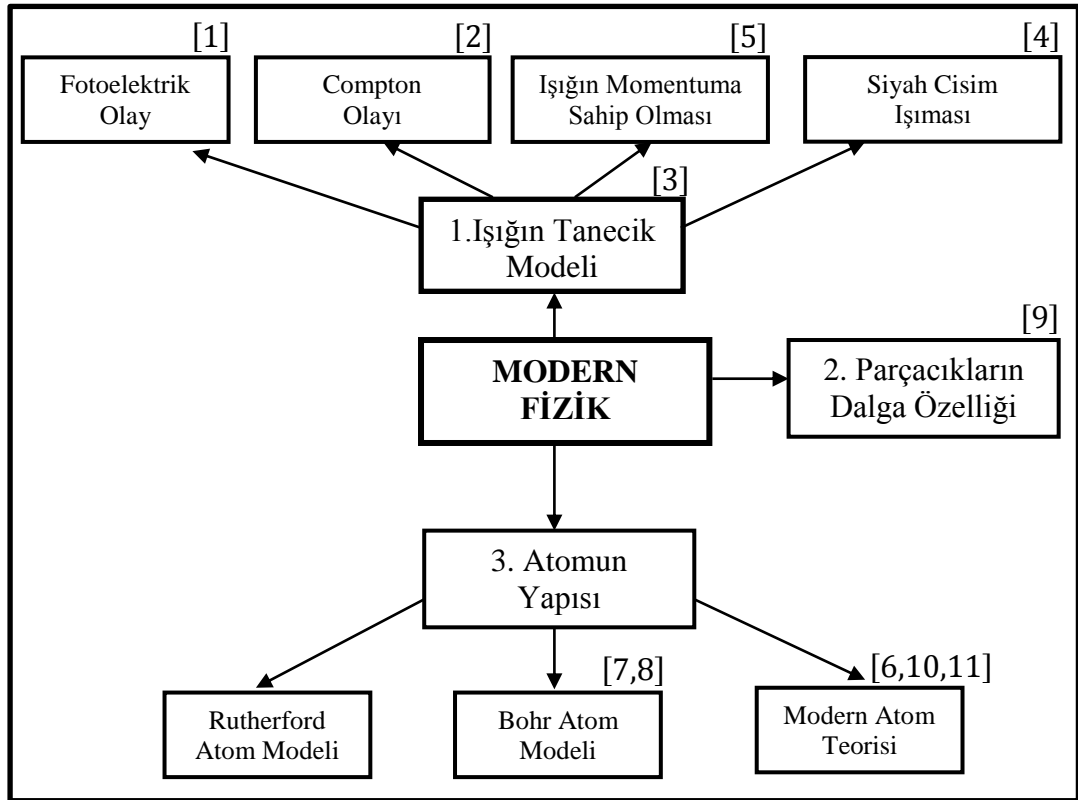
Araştırma boyunca çalışma grubundaki öğrencilere uygulanan veri toplama araçları Tablo 3.1'de sunulmuştur. Veri toplama araçları, geliştirilme süreçleri ve deneme çalışmaları ile ilgili detaylı bilgiler aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.

3.4.1 Modern Fizik Kavram Testi (MFKT)

Modern Fizik Kavram Testi (MFKT) (Ek - A) öğretim öncesinde öğrencilerin modern fizik kavramlarıyla ilgili sahip olduğu fikirlerin belirlenmesi için ön test olarak, öğretim sonrasında öğrencilerin fikirlerindeki değişimin ortaya çıkarılması için son test olarak uygulanmıştır. Ayrıca öğretimin yapılmasından beş ay sonra öğrencilerin kavramsal değişimlerinin ne kadar güçlü olduğunu ve buna bağlı olarak

bilgilerinin ne kadar kalıcı olduğunu ortaya çıkarmak amacı ile gecikmiş son test olarak bir kez daha uygulanmasına karar verilmiştir.

Milli Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim 11.Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programındaki kazanımlar incelendikten sonra modern fizik ünitesine ait kavram haritası hazırlanmıştır. Daha önce giriş bölümünde belirtilen araştırma sınırlılıkları çerçevesinde MFKT’de kullanılacak sorulara ve sayılarına karar verilmiştir.



Şekil 3.1: Araştırmacı tarafından 11.sınıf fizik dersi öğretim programındaki modern fizik ünitesine yönelik hazırlanan kavram haritası.

Ortaöğretim 11. sınıf fizik dersi öğretim programındaki modern fizik ünitesine ait kazanımların Şekil 3.1’de görüldüğü gibi 1. Işığın tanecik modeli, 2. Parçacıkların dalga özelliği, 3. Atomun yapısı olmak üzere üç alt başlıkta toplandığı görülmektedir. Bu başlıklar altında sıralanan kazanımların içeriğine bakıldığında ise Şekil 3.1’deki konu ya da kavramları işaret ettikleri görülmüştür. Şekil 3.1’de ışığın momentuma sahip olması aynı zamanda dalga modeli ile de açıklanan bir durum olmakla birlikte öğretim programında tanecik modeli kapsamına alınmıştır. Bu bağlamda Şekil 3.1 programın bir özeti niteliğindedir.

Şekil 3.1' de görülen konu ya da kavramlara yönelik kaçar soru sorulacağına karar verilmiş ve sorular gerek alan yazından alınarak gerekse araştırmacı tarafından geliştirilerek testin taslak biçimi oluşturulmuştur. Şekil 3.1'de görülen kutucukların köşelerinde görülen köşeli parantez içine yazılmış sayılar, kutucuğun içindeki kavramın Modern Fizik Kavram Testinde hangi soruda test edildiğini göstermektedir. Modern fizik ünitesi kapsamının hayli geniş olması soru sayısının oldukça artması endişesi oluşturduğundan özellikle ışığın tanecik modeli ile ilgili alt konu ya da kavramlardan birer soru sorulmuştur. Bohr Atom Modeli'ne yönelik enerji düzeyleri ve atomun elektronlar ya da fotonlarla uyarılması ile ilgili olmak üzere iki soru, Modern Atom Teorisi'ne yönelik belirsizlik ilkesi, atomun şekli ve orbital kavramına yönelik olmak üzere üç soru sorulmuştur. Bohr ve Modern Atom Modellerinde soru sayısının fazla olması içerdikleri konu ya da kavramların fazla olmasından kaynaklanmıştır. Öğrenciler 10. sınıf kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinde neredeyse tüm atom modellerini öğrendiklerinden ayrıca soru sayısının sınırlı tutulması ihtiyacından dolayı Rutherford Atom Modeli'ne ilişkin soru sorulmamıştır.

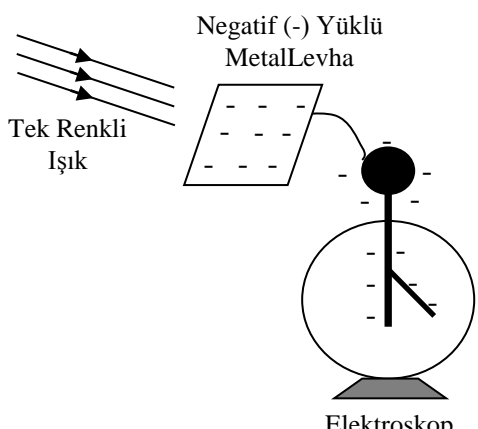
Ek-A'da görülen MFKT'nin tüm soruları bu bölümde tanıtılmayacaktır. Bunun nedeni MFKT'deki her sorunun tanıtımı bulgular bölümünde o soru ile ilgili analiz sonuçları verilmeden önce yapılmıştır. Bu yaklaşımın araştırma raporunun okunuşunu kolaylaştıracağı düşünülmüştür. Örnek olması açısından MFKT'deki dört soru aşağıda tanıtılmıştır.

Tek renkli ışık, elektroskopa bağlanmış eksi yüklü metal levhaya düşürüldüğünde, elektroskopun yapraklarında herhangi bir değişiklik olmuyor. Aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

a) Işığın şiddetini artırarak elektroskopi yüksüz hale getirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

b) Işığın frekansını artırarak elektroskopi yüksüz hale getirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

c) Yine negatif yüklü olmak şartıyla başka bir metal levha kullanarak elektroskopi yüksüz hale getirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

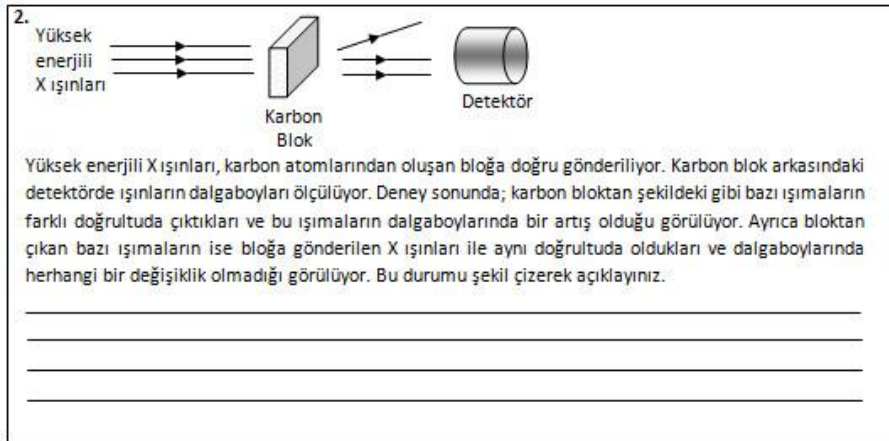


Şekil 3.2: Modern fizik kavram testindeki fotoelektrik olay ile ilgili birinci soru.

Örneklenecek dört sorunun seçiminde ikisinin doğrudan alan yazından alınmış, diğerlerinin de tümüyle araştırmacı tarafından hazırlanarak teste konulmuş sorular olmasına dikkat edilmiştir. MFKT'nin ilk sorusu (Şekil 3.2) fotoelektrik olay ile ilgili olaysal temelli (Driver ve Erickson, 1983) bir sorudur. Soru Steinberg ve Oberem'in (2000) çalışmasındaki sorunun içerdiği alt bölümler azaltılarak doğrudan alınmıştır. Bu soru öğrencilerin fotoelektrik olay konusundaki fikirlerini almak, ayrıca ışığın şiddeti ile frekansı arasındaki ayrımı yapıp yapamadıklarını belirlemek için sorulmuştur. Sorunun (c) bölümü öğrencilerin bağlanma enerjisi konusundaki fikirlerini incelemek amacı ile sorulmuştur.

Işığın tanecik modeli alt başlığına ait Compton Olayı ile ilgili MFKT'deki ikinci soru Şekil 3.3' te görülmektedir. Konunun soyut yapısı ve deney düzeneğindeki karmaşıklıklar dikkate alınarak mümkün olduğunca basit bir şekil verilmeye çalışılmıştır. Olaysal temelli olan ve araştırmacı tarafından geliştirilen soru öğrencilerin serbest elektronlarla foton etkileşimi üzerine fikirlerini derinlemesine incelemek amacı ile hazırlanmıştır.

2.



Yüksek enerjili X ışınları, karbon atomlarından oluşan bloğa doğru gönderiliyor. Karbon blok arkasındaki detektörde ışınların dalgaboyları ölçülüyor. Deney sonunda; karbon bloktan şekildeki gibi bazı ışımaların farklı doğrultuda çıktıkları ve bu ışımaların dalgaboylarında bir artış olduğu görülüyor. Ayrıca bloktan çıkan bazı ışımaların ise bloğa gönderilen X ışınları ile aynı doğrultuda oldukları ve dalgaboylarında herhangi bir değişiklik olmadığı görülüyor. Bu durumu şekil çizerek açıklayınız.

Şekil 3.3: MFKT'deki Compton Olayı ile ilgili ikinci soru.

11. Sınıf Modern Fizik Ünitesinin alt başlığı olan ışığın tanecik özelliği ile ilgili üçüncü soru aşağıda Şekil 3.4' te görülmektedir. Bu noktada öğrencilerin 10. sınıf atomun yapısı ünitesinde ışığın dalga ve tanecik modeli ile açıklanan olayları öğrenmiş oldukları vurgulanmalıdır. Örneğin çift yarıktaki girişim, tek yarıktaki kırınım dalga modeli ile açıklanan olaylar olarak ayrıca fotoelektrik olay tanecik modeli ile açıklanan olaylar olarak atomun yapısı ünitesinde açıklanmaktadır. Açıklanan bu

durumlar nedeni ile ışığın doğasına yönelik bir soru sorulmasına karar verilmiştir. Soru kavramsal temelli olup, Olsen'den (2001) alınmış ve işaretlenen seçeneğe dayalı açıklamalar istenecek şekilde küçük bir değişiklik yapılarak teste konulmuştur.

3. Işıkla ilgili aşağıda söylenen bilgilerden hangisi doğrudur. Doğru seçeneği yuvarlak içine alınız ve buna kanıt gösterilebilecek açıklamalarınızı yapınız.

A) Dalgadır B) Parçacıktır C) Dalga ya da parçacıktan biridir

D) Hem dalga hem de parçacıktır E) Ne dalga ne de parçacık değildir

Açıklama:

Şekil 3.4: MFKT'deki ışığın doğasına yönelik 3.soru.

Şekil 3.5' te ise siyah cisim ışıması ile ilgili MFKT'de yer alan dördüncü soru görülmektedir. Araştırmacı tarafından geliştirilen bu soru olaysal temelli olup açık uçlu olarak sorulmuştur.



Şekil a



Şekil b

A. Demirciler demiri işleyebilmek için yüksek sıcaklık değerlerine kadar ısıtırlar (Şekil a). Demir ateşten alındıktan sonra (Şekil b) etrafına ışık saçar. Demirin etrafına ışık yayması olayına nasıl bir açıklama getirebilirsiniz?

B. Şekil b'de sarı ışık yayan demir görülmektedir. Bu demir parçasının kırmızı ya da mavi ışık yayması mümkün müdür? Mümkünse demirciye ne yapmasını önerirsiniz?

Şekil 3.5: Modern fizik kavram testindeki siyah cisim ışıması ile ilgili dördüncü soru.

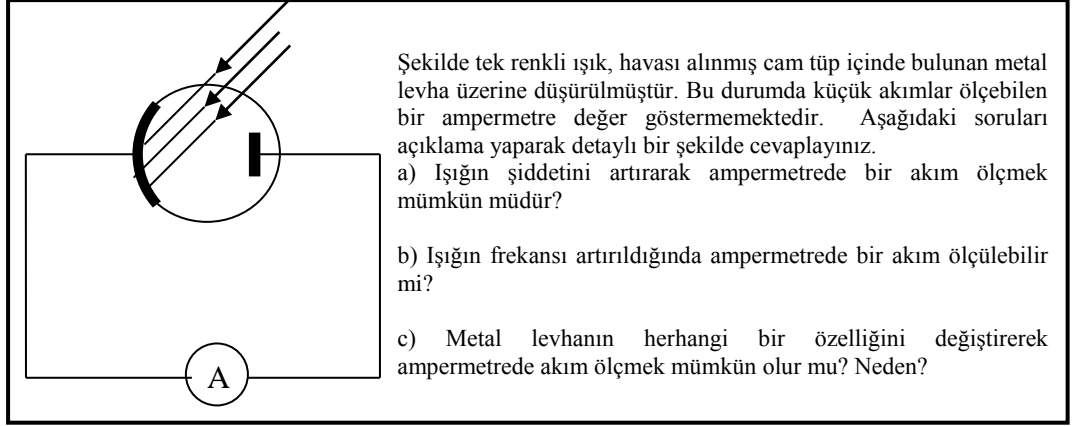
MFKT yukarıda örneklenen dört soru ile birlikte toplam 11 açık uçlu sorudan oluşmuştur. Soruların altısı olaysal temelli, beşi ise kavramsal temellidir.

Tablo 3.2: MFKT'deki Soruların Özellikleri.

Soru	Konu ya da Kavram	Tür	Kaynak
1	Fotoelektrik Olay	Açık uçlu, olaysal temelli	Steinberg ve Oberem (2000)
2	Compton Olayı	Açık uçlu, olaysal temelli	Araştırmacı
3	Işığın ikili doğası	Açık uçlu - Çoktan seçmeli, kavramsal temelli	Olsen (2001)
4	Siyah cisim ışıması	Açık uçlu, olaysal temelli	Araştırmacı
5	Işığın momentuma sahip olması	Açık uçlu, olaysal temelli	Araştırmacı
6	Atom modelleri	Açık uçlu, kavramsal temelli	Karagöz ve Arslan (2012)
7	Atom modelleri	Açık uçlu, kavramsal temelli	Araştırmacı
8	Atom modelleri	Açık uçlu, olaysal temelli	Araştırmacı
9	Maddesel parçacıkların dalga özelliği	Açık uçlu - Çoktan seçmeli, kavramsal temelli	Olsen (2001)
10	Atom modelleri	Açık uçlu, kavramsal temelli	Araştırmacı
11	Atom modelleri	Açık uçlu, olaysal temelli	Araştırmacı

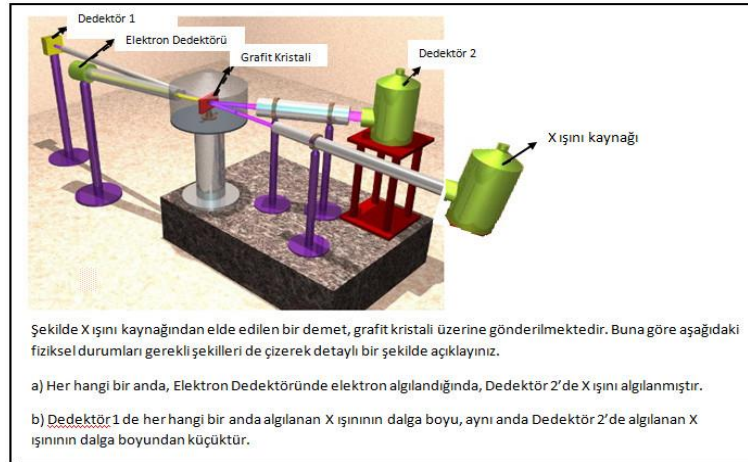
MFKT'deki soruların türleri ve kaynakları Tablo 3.2' de görülmektedir. Her bir soruya ait şekil ve açıklamalar ile soruların bilimsel olarak tam doğru yanıtları bulgular bölümünde ilgili sorunun analizi kısmında detaylıca verilecektir. MFKT ile ilgili açıklanması gereken başka bir durum da gecikmiş son test olarak uygulanış biçimidir. Öğretimden uzun bir süre sonra öğrencilere kavram testi uygulanması durumunun, öğrencilerin kavramsal değişimi ne kadar güçlü yaşadıklarını ayrıca öğrenmelerinin ne kadar kalıcı olduğunu ortaya çıkaracağı düşünülmektedir. Bunun yanında öğrencilerin öğrendiklerini yeni durumlara uyarlayıp uyarlayamadıklarını belirlemek amaçlanmıştır. Öğrenilen bilginin yeni durumlara uyarlanabilmesinin kavramsal değişim gücünün yordayıcısı olacağı düşünüldüğünden öğretimden beş ay sonra gecikmiş olarak MFKT'nin uygulanmasına karar verilmiştir. Ancak ön ve son testlerdeki soruların aynı şekilde gecikmiş son testte sorulmasının ezberle yanıt verme şeklinde bir sonuç doğuracağı düşünülmüş bu nedenle testte değişikliğe gidilmiştir. Şekil 3.1'de görülen kavram haritasındaki yalnız bir kazanıma kaynaklık birinci, ikinci, dördüncü sorularda değişikliğe gidilmiş, iki ya da daha fazla soruya kaynaklık eden kazanımlar ile ilgili altı, yedi, sekiz ve onuncu sorularda değişikliğe gidilmiştir.

Seçilen sorularda değişikliğe gidilirken, soruda ölçülen kazanımın değiştirilmemesine dikkat edilmiştir. Örneğin Şekil 3.2'de görülen fotoelektrik olay ile ilgili soru Şekil 3.5'te görüldüğü biçimde sorulmuştur.



Şekil 3.6: Gecikmiş son testte fotoelektrik olay ile ilgili birinci soru.

Şekil 3.6'te görüldüğü gibi bir fotosel düzeneği verilmiş ve ampermetrede akım ölçülmediği belirtilmiştir. Öğrencilere, ışığın şiddetini ya da frekansını artırarak ampermetrede akım ölçülüp ölçülemeyeceği sorulmuştur. Ayrıca "metalın herhangi bir özelliğinin değiştirilmesi ile akım oluşturabilir mi?" sorusu öğrencilere yöneltilmiştir. Dikkat edilirse soru başka bir fiziksel durumda sorulmuş ancak Şekil 3.2' deki soruyla aynı kazanımı ölçecek şekilde tasarlanmıştır. Şekil 3.3'te verilen Compton Olayı ile ilgili sorunun gecikmiş son testteki değiştirilmiş biçimi ise Şekil 3.7' de görülmektedir.



Şekil 3.7: Gecikmiş son testteki Compton Olayı ile ilgili ikinci soru.

Öğrencilere Şekil 3.7' deki iki adet X ışını ve bir adet elektron dedektöründen oluşan düzenek verilmiştir. Düzenekte X ışınları grafit kristaline düşürülmekte ve sorunun (a) ve (b) bölümlerinde verilen fiziksel durumlar ortaya çıkmaktadır. (a) bölümünde elektron dedektöründe elektron algılandığında dedektör 2 de X ışını algılanmıştır. Öğrencilerden bu bölümde Compton Saçılmasının gerçekleştiğini fark etmeleri beklenmektedir. (b) bölümünde ise dedektör 1 ve 2'de algılanan X ışınlarının dalgaboyları arasındaki farklılıkları yorumlamaları beklenmektedir. Verilen fiziksel durumda dedektör 1'de algılanan X ışınının dalgaboyu dedektör 2'de algılananından düşüktür. Öğrencilerin saçılmayan X ışınlarının dedektör 1' e enerji kaybetmeden ulaşacakları bu nedenle de enerji kaybetmediklerinden dalgaboylarının değişmeyeceği, dedektör 2' ye ulaşanların ise saçıldıklarından dolayı elektrona enerji aktaracakları böylelikle dalgaboylarının artacağı yönünde yanıtlar beklenmektedir. MFKT' nin gecikmiş son test uygulamasında değiştirilen sorularının tümü bu bölümde örneklenmemiştir. İlgili soru eğer gecikmiş son testte değiştirilerek sorulmuşsa bulgular bölümünde o soru ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir. Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT Ek - B' de görülebilir.

3.4.1.1 Modern Fizik Kavram Testinin Deneme Çalışması

MFKT'nin deneme çalışması 2011-2012 Eğitim Öğretim Yılında Manisa İlinin bir ilçesindeki bir Anadolu Öğretmen Lisesinin 11. sınıfında öğrenim gören toplam 16 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubu olarak seçilen şubede 9 kız, 7 erkek öğrenci bulunmaktadır.

MFKT, önce araştırmacı tarafından geliştirilmiş, sonrasında alanında on yıldır aktif bir şekilde görev yapan bir uzmana incelettirilmiştir. Uzman önerileri doğrultusunda yapılan değişiklikler sonunda test on beş yıldır görevini sürdüren ve Manisa İlinde bir Anadolu Lisesinde çalışmakta olan bir edebiyat öğretmenine dil bakımından incelettirilmiştir. Bu işlemler sonunda Ek - C'de görülen MFKT'nin geliştirilen ilk hali 11 açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Yapılan deneme çalışması ile ortaya çıkan bulgulara göre MFKT' deki sorularda bazı ifadelerin iyileştirilmesi anlamında değişiklikler yapılmış ayrıca bazı biçimsel değişikliklere de gidilmiştir. Bu değişikliklerin tamamı Ek - A ile Ek - C' nin karşılaştırması ile görülebilmektedir. Yapılan değişikliklere MFKT'nin yedinci sorusu örnek olarak

verilmiştir. Şekil 3.8' de görülen soruda Bohr Atom Modeli ile ilgili öğrenci fikirleri incelenmeye çalışılmıştır.

7. Aşağıdakilerden hangileri tek elektronlu bir atoma ait enerji zaman grafiği olabilir? Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz. Seçeneklerden herhangi biri sizin için uygun değilse size göre doğru olan grafiği F seçeneğine çiziniz. İşaretlediğiniz seçeneğe ilişkin açıklamanızı yazınız.

A) Enerji
Zaman

B) Enerji
Zaman

C) Enerji
Zaman

D) Enerji
Zaman

E) Enerji
Zaman

F) DİĞER Enerji
Zaman

İşaretlediğiniz seçenekler:

Açıklamalar:

Şekil 3.8: MFKT'deki yedinci sorunun deneme çalışması öncesindeki hali.

Yapılan deneme çalışmasında bir öğrenci grubunun soruya "atomun enerjisi sabittir" diyerek F seçeneğini işaretledikleri görülmüştür. Ayrıca öğrencilerden bazıları bu açıklamayı yaparken "dışarıdan bir etki olmadıkça" ifadesini de eklemiştir. Ortaya çıkan bu durumun kodlama aşamasında bir sorun oluşturması ihtimali düşünülerek soru kökünde değişime gidilmiştir. Soru kökü "tek elektronlu bir atomun enerjisi aşağıdakilerden hangilerindeki gibi değişebilir" şeklinde değiştirilmiştir.

Gecikmiş MFKT'de yer alan sorularda daha önce sözü edilen değişiklikler yapıldığından yeniden deneme çalışması yapma ihtiyacı doğmuştur. Gecikmiş son test uygulamasında kullanılması düşünülen ve uzman incelemesinden geçen MFKT,

yine Manisa İli'nin bir ilçesindeki örneklem ile ilişkisiz yine bir anadolu öğretmen lisesinin 12. sınıfında öğrenim gören 25 kişilik bir gruba uygulanmıştır. Öğrencilerin 12. sınıftan seçilmelerindeki neden 11. sınıfta modern fizik ünitesinin öğretimini almış olmalarıdır. Uygulama sonrası öğrencilerin yanıtları okunmuş ve anlaşılmayan ya da yanlış anlaşılan noktaların bulunup bulunmadığına bakılmıştır. Ayrıca gönüllü olan iki öğrenciden testi değerlendirmeleri istenerek görüşme yapılmıştır. Öğrencilerin verdiği yanıtların incelenmesi sonucunda testin genel olarak açık ve anlaşılır olduğu sonucuna varılmış ve bu haliyle esas çalışmada uygulanmasına karar verilmiştir.

3.4.1.2 Modern Fizik Kavram Testinin Uygulanması

Modern Fizik Kavram Testi (MFKT) 11 sorudan oluşan ve Ek - A'da görülen son haliyle, ön test olarak öğretimden iki hafta önce, son test olarak öğretimden bir hafta sonra örnekleme uygulanmıştır. Yukarıda sözü edilen değişikliklerin yapılmış haliyle Ek - B'de görülen MFKT gecikmiş son test olarak öğretimden beş ay sonra örnekleme uygulanmıştır. Üç uygulamada da öğrencilere 50 dakika süre verilmiştir. Öğrencilerin belirtilen sürede soruları yanıtlayıp bitirdikleri görülmüştür.

3.4.2 Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler

Öğrencilerin öğretim öncesindeki fikirlerinin derinlemesine araştırılması, ön test uygulamasında sorulara verdikleri yanıtların detaylıca incelenmesi, öğretim aşamasında öğrencilerin öğretim ile ilgili görüşlerinin alınması, öğretim sonrasında öğrencilerin fikirlerinin bilimsel görüşe doğru değişip değişmediğinin ortaya çıkarılması için yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Öğrencilerin MFKT gibi özellikle açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlar nitelik bakımından zayıf, içerdiği açıklamalar anlaşılabilirlik bakımından yetersiz olabilmektedir. Bu nedenle yarı yapılandırılmış görüşmeler MFKT'den elde edilen verileri desteklemek için kullanılmış böylelikle veri çeşitlemesi yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada öğretimden beş ay sonra uygulanan gecikmiş son testin ardından gerçekleştirilen gecikmiş son görüşmeler ile öğrencilerin öğrenmelerinin kalıcılığı ve kavramsal değişimlerinin ne denli güçlü gerçekleştiği derinlemesine incelenmiştir.

Öğretim öncesinde gerçekleştirilen ön görüşmelerde öğrencilerin MFKT'ye verdikleri yanıtlar derinlemesine incelenmiştir. Bununla birlikte öğrencilerin fizik dersine yönelik motivasyon ve tutum düzeylerini genel hatları ile araştıran sorular da ön görüşme formuna (Ek - Ç) dahil edilmiştir. Bu sorular araştırmacı tarafından ölçeklerin içindeki maddelerden seçilmiştir. Motivasyon ve tutum düzeyleri ile ilgili sorular doğrudan analiz edilmemiş, motivasyon ve tutum ölçeklerinden elde edilen veriyi desteklemek için kullanılmıştır. Öğrenciler ön ve son test uygulamasında aynı sorulara yanıt verdiklerinden, son görüşmelerde ezbere yanıtlar verme gibi bir sorunla karşılaşılması endişesi ile testteki sorularla aynı kazanımı ölçen paralel sorular hazırlanmış ve son görüşmeler bu sorular üzerinden gerçekleştirilmiştir. Soruların tamamı araştırmacı tarafından açık uçlu ve olaysal temelli olarak hazırlanmıştır. Öğrencilerin öğretime ve fizik dersine yönelik düşüncelerini ayrıca motivasyon ve tutum düzeylerini araştıran sorular son görüşme formuna dahil edilmiştir. Son görüşme formu Ek - D'de görülmektedir. Gecikmiş son testte daha önceden belirtildiği gibi sorularda değişikliğe gidildiğinden, gecikmiş son görüşmelerde yeni sorular hazırlanmamış öğrencilerin teste verdiğini yanıtlar derinlemesine incelenmiştir. Son görüşmelerde olduğu gibi gecikmiş son görüşmelerde de öğrencilere Kural'dan (2008) alınan ve motivasyon ile tutum düzeylerini genel hatları ile ortaya koyacağı düşünülen “*Yapılan öğretimi nasıl değerlendiriyorsunuz?*”, “*Yapılan öğretim modern fizik kavramlarını öğrenmenizde size yardımcı olabildi mi?*” şeklinde sorulara yer verilmiştir. Gecikmiş son görüşmelerde kullanılan form Ek - E'de görülmektedir. Bununla birlikte öğretim aşamasında öğrencilerin öğretim ile ilgili görüşlerini almak, aksayan ya da eleştiri alan noktaların tespiti için öğretim aşamalarında görüşmeler yapılmıştır. Öğretim aşamasında kullanılan görüşme formu Ek - F'de görülmektedir. Özetle öğretim öncesinde, öğretim aşamasında, öğretim sonrasında ve öğretimden bey ay sonra uygulanan toplam dört adet görüşme formu bu çalışmada kullanılmıştır.

3.4.2.1 Görüşme Formlarının Deneme Çalışmaları

Ön, öğretim aşaması, son ve gecikmiş son görüşmeler ile öğretim aşamasındaki görüşmelerde kullanılacak formlar araştırmacı tarafından geliştirildikten sonra mesleğinde on yıldır aktif olarak görev yapan bir fizik eğitimi uzmanı tarafından incelenmiştir. Formların deneme çalışması 2011-2012 Eğitim

Öğretim yılında Manisa ilinin bir ilçesindeki bir Anadolu Öğretmen Lisesinin 11. sınıfında öğrenim gören toplam 16 öğrenci içinden gönüllülük esasına göre seçilen 6 öğrenci ile yapılmıştır. Sonuç olarak, motivasyon ve tutum düzeylerini ortaya çıkaran sorularda öğrencilerin anlaşılabilirlik bakımından sorun yaşamadığı görülmüştür. Son görüşme için hazırlanmış paralel testte anlaşılmayan ya da güçlükle anlaşılan noktalar belirlenmiş, gerekli şekil, biçim ve ifade değişiklikleri yapılmıştır. Özellikle öğretim sonrasında uygulanan son görüşme formunun kullanılmasından sonra biçimsel değişikliklerin yapılmasına karar verilmiştir. Örneğin Ek - D'de görülen son görüşme formundaki Compton Olayı ile ilgili sorunun ilk şekli öğrencilere karmaşık gelmiştir. Bu sorunun şeklinde ve soru ifadesinde değişiklik yapılmıştır. Ayrıca son görüşme formunda bulunan Frank ve Hertz deneyi ve enerji seviyeleri ile ilgili soruda şekil değişikliğine gidilmiş, sorularda değişiklik yapılmıştır. Son görüşme formundaki (Ek - D) birinci soruya “fotolektrik olayın klasik fizikle açıklanamayan noktasının ne olduğu” sorusu eklenmiştir. Çift yarıktaki girişim deseni ile ilgili üçüncü soruda şeklin üzerinde yazılı olan “girişim deseni” ifadesi öğrencileri doğrudan ışığın dalga modeline yönlendirdiği için kaldırılmıştır. Örneklenen bu değişiklikler ile son görüşme formu Modern Fizik Kavram Testiyle aynı kazanımları ölçen paralel bir test haline getirilmiştir. Görüşme formunun ön görüşmede kullanılmamasının nedeni öğrencilerin henüz konuya ilişkin fikirlerinin olmayışı ya da düşük düzeyde oluşudur.

3.4.2.2 Yarı Yapılandırılmış Görüşmelerin Uygulanması

2012-2013 Eğitim Öğretim yılı içinde Modern Fizik ünitesinin öğretiminin başlamasından iki hafta önce MFKT'nin uygulanmasının hemen ardından ön görüşmelere başlanmıştır. Öğrencilerin ön testte MFKT'ye verdikleri yanıtlar hızlıca gözden geçirilmiş ve özellikle esas çalışmanın yapıldığı yılın öncesindeki eğitim öğretim yılında (2011-2012) araştırmanın tümü için yapılan deneme çalışmasında kullanılan MFKT'nin analiz tablolarındaki kategorilere bakılarak esas çalışmada öğrencilerin sorulara hangi kategorilerde yanıtlar verdikleri kestirilmeye çalışılmış böylelikle de özellikle görüşme yapılması gereken öğrenciler belirlenmiştir. Görüşme için her kategoriden öğrenci seçilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla belirlenen aday öğrencilere görüşme yapılması teklifinde bulunulmuş ancak kabul edenlerle görüşme planlanmıştır. Görüşme yapılan diğer öğrenciler de tamamen gönüllülük esası ile

belirlenmiştir. Sınıfta görüşmelerin nasıl yapılacağından detaylıca söz edilmiş öğrencilere isteyip istemedikleri sorulmuştur. Böylelikle 11 A şubesinden 7, 11 B şubesinden 7 olmak üzere örnekleme bulunan 40 öğrencinin 14'ü ile görüşmelere başlanmıştır. Ön görüşmeler 30-45 dakika arasında sürmüş ve öğretim öncesindeki iki hafta içinde tamamlanmıştır. Görüşmeler sırasında öğrencilerin izinleri alınarak ses kaydı yapılmıştır. Bu 14 öğrencinin arasından öğretim aşamasında öğretim ile ilgili öğrenci görüşlerini almak için her sınıftan ikisi seçilmek şartı ile toplam dördü ile görüşme yapılmıştır. Öğretim ile ilgili duygu ve düşüncelerin alındığı bu görüşmeler modern fizik öğretimi başladıktan iki hafta sonra gerçekleştirilmiş ve 10 - 15 dakika arasında sürmüştür.

Öğretim sona erdiğinde MFKT son test olarak uygulanmış ve hemen ardından ön görüşme yapılan öğrenciler ile son görüşmeler başlatılmış ve iki hafta içinde bitirilmiştir. Öğretim üzerinden beş ay geçtiğinde ise yenilenen haliyle MFKT gecikmiş son test olarak uygulanmıştır. Görüşme yapılan öğrencilerin gecikmiş son teste verdikleri yanıtlar hızlıca incelenmiş, görüşmede özellikle üzerinde durulacak noktalar belirlenmiştir. Gecikmiş son görüşmeler yine 14 kişi ile 30- 45 dakika arasında değişen sürelerde gerçekleştirilmiş ve test uygulamasından iki hafta sonra tamamlanmıştır.

3.4.3 Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği

Araştırmada öğretim öncesi ve öğretim sonrasında öğrencilerin motivasyon düzeylerini belirlemek amacıyla geliştirilen Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği (FDMÖ) Tuan, Chin ve Shieh (2005), Dede ve Yaman (2008) ile Glynn, Taasobshirazi ve Brickman (2009) tarafından geliştirilen ölçeklerden seçilen maddelerin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Öncelikle madde havuzu oluşturulmuş, ardından maddeler ile ilgili eğitim bilimci ve alan eğitimcisi uzmanların görüşüne başvurulmuştur. Ölçek, beşli likert tipindedir, geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları sonrasındaki son hali 38 maddeden oluşmaktadır. Ölçek yedi faktörden meydana gelmiştir. Ölçekte yer alan faktörler: 1) Özyeterlilik, 2) Fiziği öğrenmenin değeri, 3) Etkin öğrenme stratejileri, 4) Başarı hedefi, 5) Öğrenme ortamı teşviği 6) İletişim ve işbirlikli çalışma ve 7) Fizikle ilgili araştırma yapma, şeklinde sıralanabilir.

İlk hali 55 maddeden oluşan Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği, Türkiye'nin üç farklı bölgesindeki fen ve anadolu liselerinde öğrenim gören 492 öğrenciye uygulanmıştır. Öğrencilerin maddelerde işaretlemiş oldukları seçenekler 1'den 5'e kadar puanlanarak analizlerin yapılabilmesi için SPSS 17 ve Lisrel 8.54 paket programlarına girilmiştir. FDMÖ' nün faktör yapısının belirlenmesi amacı ile açımlayıcı faktör analizi (AFA), yapı geçerliliğini test etmek amacı ile doğrulayıcı faktör analizi (DFA) yapılmıştır. FDMÖ'nün faktör yapılarını belirlemek için de döndürülmemiş temel bileşen analizi ardından da döndürülmüş (varimax) bileşenler analizi kullanılmıştır. AFA ile belirlenen faktörlerin öğrencileri motivasyon düzeyleri bakımından ne derecede ayırt edici olduğunun belirlenmesi amacı ile madde toplam korelasyonları hesaplanmış ardından alt ve üst %27'lik gruplar belirlenmiştir. Alt ve üst grupların maddelerdeki puanları arasında istatistiksel anlamda bir fark olup olmadığına t testi ile bakılmıştır. FDMÖ'nin güvenilirliğini belirlemek için her bir faktör ve ölçeğin tümü için Cronbach Alfa iç tutarlık katsayıları hesaplanmıştır.

FDMÖ'deki maddelere öğrencilerin verdikleri yanıtların puanlanması ile elde edilen veriler ile faktör analizi yapıp yapılamayacağını test etmek amacı ile KMO (Kasier - Meyer - Olkin) ve Bartlett Küresellik Testleri kullanılmıştır. FDMÖ puanlarının KMO değeri 0,91 ve Bartlett's Küresellik Testi sonucu ise 7466,84 ($p < 0,00$) olarak bulunmuştur. Elde edilen Bartlett's Testi sonucuna göre veriler normal dağılım göstermektedir. KMO değerine göre de verilerin faktör analizi için uygun olduğu anlaşılmaktadır (Ural ve Kılıç, 2005).

Açımlayıcı Faktör Analizi sonuçlarına göre FDMÖ'nin 55 maddelik ilk halinde sekiz faktör belirlenmiştir. Varimax döndürme işlemi ile elde edilen döndürülmüş bileşenler matrisinde binişik maddeler tespit edilmiş ve 12 madde ölçekten çıkarılmıştır. Ayrıca ölçekteki maddelerden alınan puanlardan elde edilen alt %27 ve üst %27 grupları arasında istatistiksel anlamda fark olup olmadığına t testi ile bakılmış, üç maddenin ayırt ediciliklerinin düşük olduğu ($p > 0,05$) tespit edilmiştir. Üç madde ölçekten çıkarıldıktan sonra faktör analizi tekrarlandığında iki maddenin de, bulunduğu faktör içindeki ve ölçekteki diğer maddelerle negatif korelasyon gösterdiği anlaşıldığından ölçekten çıkarılmıştır. Böylelikle toplamda beş madde daha ölçekten çıkarıldığından ölçeğin son hali 38 maddeden oluşmuştur. Maddelerin faktör yükü alt sınır 0,40 olarak alınmıştır. FDMÖ'nün son halindeki

yedi faktörün, toplam varyansın %55,7'sini açıkladıkları görülmüştür. Açımlayıcı faktör analizi sonuçları Tablo 3.3'de aktarılmıştır.

Tablo 3.3: FDMÖ verileri ile yapılan Açımlayıcı Faktör Analizi Sonuçları.

Madde No	Ortak Faktör Varyansı	Döndürülmüş Faktörler İçin Yük Değerleri						
		Fak.1	Fak.2	Fak.3	Fak.4	Fak.5	Fak.6	Fak.7
1	.52	.64						
2	.58	.72						
3	.51	.68						
4	.59	.73						
5	.46	.59						
6	.43	.56						
7	.55	.62						
8	.54		.61					
9	.69		.72					
10	.55		.65					
11	.44		.57					
12	.47		.55					
13	.59			.64				
14	.51			.65				
15	.46			.61				
16	.41			.50				
17	.50			.64				
18	.52			.68				
19	.56			.72				
20	.53			.68				
21	.42			.49				
22	.55				.65			
23	.74				.85			
24	.53				.70			
25	.51				.61			
26	.59					.71		
27	.60					.74		
28	.69					.81		
29	.53					.47		
30	.54					.63		
31	.50						.65	
32	.60						.69	
33	.60						.74	
34	.58							.60
35	.75							.83
36	.78							.84
37	.71							.77
38	.57							.55

Büyüköztürk'e (2008) göre maddelerin ortak faktör varyanslarının 1'e yakın ya da 0,66'nın üzerinde olması iyi bir çözümdür, ancak uygulamada bunu karşılamak genellikle zordur. Bu nedenle alanında uzman başka bir araştırmacı ile görüşülerek maddelerin ortak varyanslarının alt sınırı olarak 0,40 alınmıştır. Böylelikle deneme çalışması öncesinde 55 maddeden oluşan FDMÖ, açımlayıcı faktör analizi sonunda Tablo 3.3'deki toplam yedi faktörde yer alan 38 madde ile Ek - G' de görülen son şeklini almıştır.

FDMÖ'den elde edilen veriler ile gerçekleştirilen açımlayıcı faktör analizi sonunca ortaya çıkan yedi faktör arasındaki korelasyonlar aşağıda Tablo 3.4'de aktarılmıştır. Büyüköztürk'e (2005) göre .70 ve üzeri yüksek düzeyde, .30 ve .70 arası orta düzeyde ve .30 altı düşük düzeyde korelasyonu işaret etmektedir. Buna dayalı olarak Tablo 3.4 incelendiğinde FDMÖ'de yer alan tüm faktörlerin ölçeğin tamamı ile yüksek ve orta düzeyde korelasyon[#] gösterdikleri görülmektedir. Böylelikle Tablo 3.4'den, FDMÖ'deki tüm faktörlerin ölçeğin tümüyle ayrıca kendi aralarında anlamlı korelasyon gösterdikleri anlaşılmaktadır.

Tablo 3.4: FDMÖ faktörler arası korelasyon katsayıları.

Faktör	Toplam	1	2	3	4	5	6	7
Toplam	-							
1	.751 ^{**}	-						
2	.701 ^{**}	.493 ^{**}	-					
3	.744 ^{**}	.388 ^{**}	.496 ^{**}	-				
4	.672 ^{**}	.362 ^{**}	.358 ^{**}	.479 ^{**}	-			
5	.753 ^{**}	.468 ^{**}	.473 ^{**}	.549 ^{**}	.531 ^{**}	-		
6	.525 ^{**}	.406 ^{**}	.210 ^{**}	.216 ^{**}	.252 ^{**}	.284 ^{**}	-	
7	.432 ^{**}	.252 ^{**}	.135 ^{**}	.285 ^{**}	.254 ^{**}	.259 ^{**}	.294 ^{**}	-

#: ^{**} .01 düzeyinde anlamlı korelasyonu göstermektedir.

FDMÖ'nün deneme çalışmasından elde edilen verilerin açımlayıcı faktör analizi ile analiz edilmesi ile oluşturulan yapının doğrulanması için doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Büyüköztürk ve arkadaşlarına (2004) göre önceden belirlenmiş bir yapının eldeki verilerle ne derece doğrulandığını tespit edilmesi için

doğrulatoryıcı faktör analizi kullanılabilir. FDMÖ'nün açımlayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen yedi faktörlü yapısı LISREL 8.54 paket programına girilmiş ve doğrulatoryıcı faktör analizi yapılmıştır. Doğrulatoryıcı faktör analizinde örtük özellikler teorisi kullanılmıştır. Birinci düzey doğrulatoryıcı faktör analizinden sonra negatif korelasyon gösteren iki madde ölçekten çıkarılarak ikinci düzey doğrulatoryıcı faktör analizi yapılmıştır. Yeniden DFA yapmadan önce ölçekten çıkarılan iki madde için modifikasyon gündeme gelmiş, ancak bu iki maddenin χ^2 değerine anlamlı katkı yapmadığı görüldüğünden modifikasyon yapılmamasına karar verilmiştir. DFA ile yapısal eşitlik modelinde yer alan, χ^2 , χ^2 /sd, GFI, AGFI, RMSEA, RMR, CFI ve NFI uyum indeksleri hesaplanmıştır. Doğrulatoryıcı faktör analizi sonunda elde edilen faktörlerin t değerleri tablosu ve tahminler (estimates) değerleri tablosu Ek – H'de verilmiştir. Uyum indekslerine yönelik kriterler (Çokluk, Şekercioğlu ve Büyüköztürk, 2010) Tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.5: Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği Doğrulatoryıcı Faktör Analizi Sonuçları

Değerlendirme Ölçütleri	Sonuçlar
χ^2 değeri	1763,01 (p < 0.00)
Serbestlik derecesi (df)	658
χ^2 /df	2,68
GFI	.84
RMSEA	.058
AGFI	.82
CFI	.86
NFI	.79
RMR	.076

Tablo 3.5'de görüldüğü gibi χ^2 değeri anlamlıdır (p < 0.00). GFI değerinin 1'e yaklaşması modelin verilere uygunluk derecesinin mükemmel yaklaşması anlamı taşımaktadır (Hu ve Bentler, 1999). Elde edilen değere göre, yedi faktörlü model, veri ile uyumludur. Hair, Anderson, Tatham ve Black'e (1998) göre GFI, AGFI, CFI ve NFI uyum indekslerine ait hesaplanan değerlerin .90'a yaklaşması

mükemmel uyumu göstermektedir. Böylelikle yedi faktörlü modelin FDMÖ'den elde edilen verilerle uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.6: FDMÖ' nün faktörlerinin düzeltilmiş madde toplam korelasyonları ve üst ile alt %27'lik grupların puanları ile yapılan t-testi sonuçları.

Fakt.	Madde Numarası	Mad.Top. Korelasyon	t-değeri	Fakt.	Madde Numarası	Mad. Top. Korelasyon	t değeri
Faktör 1	1	.50	11.98	Faktör 4	22	.45	9.10
	2	.43	9.52		23	.28	5.96
	3	.45	10.35		24	.23	4.91
	4	.47	10,78		25	.39	8,40
	5	.46	11.70	Faktör 5	26	.47	10.18
	6	.45	11.57		27	.39	7.74
	7	.56	13.04		28	.40	8.28
Faktör 2	8	.52	13.05		29	.60	15.24
	9	.59	15.50		30	.50	11.27
	10	.52	12.11	Faktör 6	31	.27	5.73
	11	.44	9.87		32	.35	7.70
	12	.51	11.46		33	.24	6.57
Faktör 3	13	.55	10.51	Faktör 7	34	.61	15.77
	14	.48	10.36		35	.49	12.77
	15	.48	11.40		36	.54	13.78
	16	.42	9.40		37	.58	15.90
	17	.49	10.14		38	.65	17.60
	18	.45	9.25				
	19	.45	10.03				
	20	.46	10.65				
	21	.48	11.15				

Ölçekte yer alan maddelerin her birinin, ölçtükleri özellik açısından kişileri ayırt etmede ne derece yeterli olduklarının belirlenmesi ve faktörlerin güvenilirliklerinin hesaplanması amacıyla düzeltilmiş madde toplam korelasyonları hesaplanmıştır. Ardından toplam puana göre belirlenmiş üst % 27 ve alt % 27'lik grupların madde puanları arasındaki farkın istatistiksel anlamlı olup olmadığına t

testi ile bakılmıştır. Ölçeğin t testi sonuçları Tablo 3.6' da yer almaktadır. Ölçekteki maddelerin tümünün üst ve alt grubu anlamlı olarak ayırt ettiği anlaşılmıştır.

Tablo 3.7: Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğindeki Faktörlerin Cronbach Alpha Katsayıları

Faktör Numarası	Faktörler	Faktördeki Madde Sayısı	Cronbach Alpha Değerleri
1	Etkin öğrenme stratejileri	9	.85
2	Özyeterlilik	7	.83
3	Fizikle ilgili araştırma yapma	5	.87
4	Öğrenme ortamı teşviği	5	.80
5	Fiziği öğrenmenin değeri	5	.77
6	Başarı hedefi	4	.74
7	İletişim ve işbirlikli çalışma	3	.60

Ölçekte yer alan maddelerin, ölçtükleri özellik açısından kişileri ayırt etmede ne kadar yeterli olduklarını ve güvenilirliklerinin düzeyini belirleme amacıyla faktörlerin Cronbach alpha iç tutarlılık katsayıları hesaplanmıştır (Tablo 3.7). Ölçeğin faktörlerinin güvenilirliği için hesaplanan Cronbach alpha katsayıları .60 ile .87 arasında değişmektedir. Ölçeğin tümü için Cronbach alpha iç tutarlılık katsayısı .92 olarak hesaplanmış ve bu değer FDMÖ'nün güvenilir olduğunu göstermiştir.

3.4.3.1 Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinin Uygulanması

Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği (FDMÖ) 38 sorudan oluşan ve Ek - G' de görülen son haliyle, öğretimden iki hafta önce ve öğretimden bir hafta sonra örnekleme uygulanmıştır. Her iki uygulamada da öğrencilere 40 dakika süre verilmiştir. Öğrencilerin belirtilen sürede ölçekteki tüm maddelere yanıt verdikleri görülmüştür.

3.4.4 Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği

Araştırmada, Çoramık (2012) tarafından ortaöğretim öğrencilerine yönelik geliştirilen Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği (FDYTÖ) kullanılmıştır. Ölçek, 5’i olumsuz, 14’ü olumlu olmak üzere toplam 19 maddeden oluşmaktadır (Ek - D). Çoramık (2012) ölçeğin geliştirilmesi aşamasında ölçeği 102 öğrenci üzerinde uygulamıştır. Faktör analizi için uygunluğu KMO- Bartlett Testi ile test etmiş ve ölçek için faktör analizi yapılabileceğini ($p < .05$) bulmuştur. Çoramık (2012) yüksek lisans tezinde geliştirdiği FDYTÖ' de yer alan faktörleri “fiziğe bakış açısı”, “fizik ile ilgili çekinceler” ve “fizikte yaşanan gelişmeleri takip etme” olarak adlandırmıştır. Faktörlere ait öz değerler ve açıkladıkları varyans miktarları Tablo 3.8 ’de verilmiştir.

Tablo 3.8: Fizik dersine yönelik tutum ölçeği faktörlerine ait analiz sonuçları

Faktör	Madde Sayısı	Öz değer	% Varyans	Yığılımlı Varyans	Cronbach alpha
Fiziğe Bakış Açısı	10	8.167	26.918	26.918	.92
Fizik ile İlgili Çekinceler	5	2.029	18.848	45.766	.82
Fizikte Yaşanan Gelişmeleri Takip Etme	4	1.236	14.399	60.164	.72

Görüldüğü gibi üç faktör toplam varyansın yaklaşık %60’ını açıklamaktadır. Bununla birlikte Çoramık’ın (2012) çalışmasında ölçeğe ilişkin bazı betimsel istatistikler yapılmış ve bunlardan basıklık değeri -0.651, çarpıklık değeri -0.658 olarak hesaplanmış böylelikle FDYTÖ’nün ön uygulaması sonucu elde edilen verilerin normal dağılıma sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Araştırmada elde edilen test puanlarının, iç tutarlılığını belirlemek amacıyla Cronbach alpha katsayısının hesaplandığı ve ölçeğin tamamı için α değerinin .92 bulunduğu rapor edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında ölçeğin iç tutarlılığının yüksek olduğu sonucuna varılabilir.

3.4.4.1 Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeğinin Uygulanması

Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği (FDYTÖ) 19 sorudan oluşan ve Ek - I’ da görülen haliyle, öğretimden iki hafta önce ve öğretimden bir hafta sonra örnekleme uygulanmıştır. Her iki uygulamada da öğrencilere 20 dakika süre

verilmiştir. Öğrencilerin belirtilen sürede ölçekteki tüm maddelere yanıt verdikleri görülmüştür.

3.5 Veri Toplama Araçları İçin Yapılan Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları

Yıldırım ve Şimşek'e (2004) göre araştırma sonuçlarının doğruluk derecesi geçerlik kavramını, tekrar edilebilirliği ise güvenirlik kavramını işaret eder. Bu bölümde araştırmada geçerlik ve güvenirliğin sağlanması için alınan önlemler açıklanmıştır.

3.5.1 Geçerlik Çalışmaları

Le Compte ve Goetz'e (1982) göre araştırmalarda dış geçerlilik araştırma sonuçlarının benzer gruplarda aynı sonuçları vermesi ile ilgili iken, iç geçerlilik araştırmacının ölçmek istediğini, kullandığı araştırma deseni, yöntem ve veri toplama araçları ile ölçüp ölçemediği ile ilgilidir.

Yıldırım ve Şimşek'e (2004) göre araştırmacının sürece doğrudan katılımı, birebir görüşmeler yaparak birinci elden yeterince bilgiye zaman içinde ulaşması araştırmanın geçerliliğini artırmaktadır. Bu çalışmada da araştırmacı sürece doğrudan katılmış, MFKT, FDMÖ, FDYTÖ gibi testlerin uygulamasını bizzat yapmış, on dört öğrenci ile yüzyüze, öğretim öncesi sonrası ve öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra olmak üzere üç kez görüşme yaparak birinci elden veri toplamıştır. Bu araştırmanın iç geçerliğini sağlamak adına alınan tedbirlerden bir diğeri de karma yöntemin kullanılarak test ve ölçeklerden elde edilen verilerin nitel verilerle desteklenmesidir. Bireylerin gerek MFKT gerekse FDMÖ ve FDYTÖ'ye verdikleri yanıtlar ile görüşmelerdeki ifadelerinden doğrudan alıntılar yapılarak bütüncül ve anlamlı bir veri seti oluşturulmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte iç geçerliliği sağlama amaçlı bir önlem olarak veri setinin yorumu daha sonraya bırakılmıştır. Veri toplama araçlarından MFKT'de alan yazındaki çalışmalardan alınan soruların kullanılması ayrıca öğretim aşamalarında birçok çalışmada kullanılan soruların ve bilgisayar destekli simülasyonların kullanılması dış geçerliliği artıran etkenlerden olmuştur.

Araştırma yönteminin ve veri toplama araçlarının net bir şekilde tanımlanması, bulguların önce yorumsuz olarak verilmesi araştırmanın başka gruplar üzerinde denenebilir olma özelliğini artırmaktadır. Araştırmada seçilen örneklemin ait olduğu okul öğrencilerin başarı performansı açısından önceden belirtildiği gibi bilişsel olarak orta düzeyde bir okul olduğundan çalışmanın bulgularının benzer gruplara yordanabilirliği de artmıştır. Tartışma ve sonuç bölümlerinde alan yazındaki ilgili bulgular ile bu araştırmada elde edilen bulgular arasında bağ kurulmaya çalışılarak dış geçerliliği sağlama adına önlemler alınmıştır.

3.5.2 Güvenirlik Çalışmaları

Yıldırım ve Şimşek'e (2004) göre araştırmanın tekrar edilebilir oluşu güvenilir olması ile ilgilidir. Benzer bir örnekleme benzer bir desen ve veri toplama araçları ile aynı çalışmanın aynı sonuçları verip vermeyeceği güvenirlilik kavramı ile ilgilidir. Bu araştırmada bulguların önce yorumsuz olarak görüşme gibi değişik veri toplama araçları ile desteklenerek verilmesi araştırmacının iç güvenirliliğini artırmak için aldığı önlemlerden biridir. Kullanılan araştırma yöntemi ve veri çeşitlemesi ile elde edilen verilerin inandırıcılığı artırılmıştır.

Nitel araştırmaların en büyük sorunu olarak, araştırmacı yorumunun devreye girerek güvenirliliği azaltması gösterilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2004). Bu sorunun çözülmesi için nitel araştırma desenlerinde ikincil araştırmacının desteği alınmaktadır. Araştırmada özellikle açık uçlu sorular içeren MFKT'nin analizi sürecinde ikincil araştırmacıya çalışma grubundaki tüm öğrencilerin cevap kâğıtları ve ön, son ve gecikmiş son test için boş analiz tabloları verilmiştir. On yıldır aktif bir şekilde öğretmenlik görevini sürdüren ve alanında uzman ikincil araştırmacı öğrencilerin yanıtlarını okumuş ve her soru için yanıt kategorilerine karar vermiştir. Araştırmacı ilk olarak ikincil araştırmacı ile bir araya gelerek kendi değerlendirmesinde ortaya çıkan kategorilerden bahsetmiş ve bu şekilde yanıtların altında toplandıkları kategorilere karar verilmiştir. İkincil araştırmacı sonraki adımda öğrencilerin yanıtlarını uygun gördüğü kategorilere yerleştirmiştir. Araştırmacı ve ikincil araştırmacının ortak olarak doğru kategoride olduğunu düşündükleri öğrenci sayısı, toplam öğrenci sayısına bölünmüş ve 100 ile çarpılmıştır. Aşağıda gösterilen tutarlılık yüzdeleri hesabında Kocakulah'tan (2002) yararlanılmıştır.

$$p = \frac{N_a \times 100}{N_t}$$

p = Tutarlılık yüzdesi

N_a = Araştırmacı ile ikincil araştırmacının ortak olarak doğru kategoride olduğunu düşündükleri öğrenci sayısı

N_t = Toplam öğrenci sayısı

Modern Fizik Kavram Testinde yer alan sorulara öğrencilerin verdikleri yanıtların araştırmacı ve ikincil araştırmacı tarafından kodlanması sonucu elde edilen tutarlılık yüzdeleri Tablo 3.9' de görülmektedir. Tablo 3.9' de her test türüne ve testin geneline ait tutarlılık yüzdeleri görülmektedir. Buna göre tüm sorularda tutarlılık yüzdelерinin %89'un üzerinde olduğu görülmektedir. Testin genelinin tutarlılık yüzdesi ise $p \cong 93,3$ olarak hesaplanmıştır. Bu durum da araştırmacının kodlamalarının güvenilir bir bakıma yansız olduğu söylenebilir (Yıldırım ve Şimşek, 2004). Ön, son ve gecikmiş son görüşmelerde öğrencilerin yanıtlarının hangi kategorilerde kodlanacağı konusunda da uzman görüşüne başvurulmuştur. Görüşmelere katılan öğrenci sayısı 14 olduğundan tutarlılık yüzdesi hesaplama yoluna gidilmemiştir.

Tablo 3.9: Tutarlılık yüzdeleri.

Soru Numarası	Ön test (%)	Son test (%)	Gecikmiş son test (%)	Soruların Ortalaması
1	95	97,5	92,5	95
2	90	95	95	93,3
3	100	97,5	97,5	98,3
4	87,5	95	95	92,5
5	92,5	92,5	95	93,3
6	90	90	92,5	90,8
7	87,5	90	95	92,5
8	92,5	95	95	94,1
9	100	100	97,5	99,1
10	87,5	90	90	89,1
11	90	90	87,5	89,1
Genel ortalama	$p \cong 92$	$p \cong 93,8$	$p \cong 93,8$	$p \cong 93,3$

3.6 Veri Analizi

Bu bölümde araştırmada örnekleme uygulanan Modern Fizik Kavram Testi, Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği ve Fizik Dersi Tutum Ölçeği ile yarı yapılandırılmış görüşmelerin nasıl analiz edildiği açıklanmıştır.

3.6.1 Modern Fizik Kavram Testinin Analizi

MFKT'den elde edilen tüm kategoriler öğrencilerin verdikleri yanıtlardan oluşmaktadır. Analiz sırasında öncelikle herbir soruya ilişkin tam doğru yanıt belirlenmiş ve tüm sorulara ait tam doğru yanıtlar alanında uzman ikincil araştırmacıdan da istenmiştir. Sonrasında her iki araştırmacı bir araya gelerek herbir sorunun tam doğru yanıtlarına ait ifadeye son şeklini vermiştir. Ardından öğrencilerin yanıtları tek tek incelenerek tam doğru yanıt veren öğrencilerin numaraları “tam doğru yanıt” kategorisi altına yazılmıştır. Öğrencilerin verdikleri yanıtlardan doğru olan, ancak bir yönüyle tam yanıttan daha az açıklama içeren doğru yanıtlar ise “kısmi yanıt” olarak adlandırılan kategori altında gruplandırılmıştır. Tam yanıt ve kısmi yanıt kategorileri “bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar” üst kategori başlığı altında birleştirilmiştir.

Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların dışında kalan diğer kodlanabilir türden yanıtlar ise “bilimsel olarak kabul edilemez” başlığı altında gruplandırılmıştır. Bunun yanısıra soruya bir yanıt veren ancak verdiği yanıtta ne yazdığı açık olmayan veya çok ilgisiz bir açıklama içeren yanıtlar kodlanamaz yanıtlar kategorisinde gruplandırılmıştır. Herhangi bir yanıt vermeyen öğrencilerin yanıtları ise, “yanıtsız” grubu içerisine dâhil edilmiştir. Sonuç olarak öğrenci yanıtları dört ana kategoride gruplandırılmıştır. Bunlar; A. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar, B. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar, C. Kodlanamaz yanıtlar ve D. Yanıtsız şeklinindedir. Bir sonraki aşamada her bir sorunun yanıt kategorilerine ait öğrenci sayıları ve yüzdeleri tablolar şeklinde verilmiş ve yorumlanmıştır. Analiz mantığının belirlenmesinde Kocakülah'ın (2002) çalışmasından yararlanılmıştır. Örnek olması açısından MFKT'deki fotoelektrik olay ile ilgili birinci sorunun analiz tablosu aşağıda aktarılmıştır.

Tablo 3.10: MFKT'nin analiz tablosu örneği.

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar			
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	21 (52,5)	20 (50,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	0	15 (37,50)	7 (17,50)
Ara Toplam 1	0	36 (90,00)	27 (67,50)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. Modern Fiziğe Dayalı Yanıtlar	3 (7,50)	4 (10,00)	12 (30,00)
2. Klasik Fiziğe Dayalı Yanıtlar	25 (62,50)	0	0
3. Sezgisel Yanıtlar	11 (27,50)	0	0
Ara Toplam 2	39 (97,50)	4 (10,00)	12 (30,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	1 (2,50)	0	1 (2,50)
D. Yanıtsız	0	0	0
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Öğrencilerin kavramsal değişimlerini derinlemesine inceleyebilmek için yarı yapılandırılmış görüşmelerin gerçekleştirildiği daha önce belirtilmişti. Görüşmeler esnasında bazı öğrencilerin MFKT'de verdikleri yanıtı terk edip başka kategorilerde yanıtlar vermeye başladıkları görülmüştür. Örneğin bir öğrenci ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt vermiş iken görüşmede sorulan sorularda modern fiziğe dayalı yanıt vermeye başlamıştır. Araştırmada bu durumun önemli bir nokta olduğu düşünülmüş ve görüşme yapılan öğrencilerin ön testten gecikmiş son görüşme aşamasına kadar bireysel gelişimlerini gösterir tablolar çizilmiştir. Tablo 3.11 görüşme yapılan öğrencilerin fotoelektrik olay ile ilgili kavramsal değişimlerini detaylıca göstermektedir. Örnek olması açısından aşağıda aktarılmıştır.

Tablo 3.11' de araştırmada öğretim modelinin uygulanma dönemine göre belirlenen üç evrenin (ön, son, gecikmiş son) sol sütunu MFKT'nin analizi, sağ sütunu ise görüşmelerin analizi sonunda ortaya çıkan yanıt kategorilerini göstermektedir. Tablonun altında belirtildiği gibi öğrenci numarasının kalın ve büyük punto ile yazılması o öğrencinin bilimsel görüşe doğru pozitif değişim gösterdiğini, altı çizili yazılması öğrencinin görüşündeki kararlılığı, italik yazılması ise bilimsel görüşten uzaklaşarak negatif değişim gösterdiğini işaret etmektedir. Örneğin öğrenci D24 ön testte B.1 kategorisinde yanıt verirken, ön görüşmede B.2'ye gerilemiş o nedenle tabloda italik yazılmıştır. Öğrenci D24' ün görüşleri, son testte A.2, son

görüşmede ise A.1 kategorisine yükselmiş bu nedenle koyu ve büyük punto ile yazılmıştır. Tablo 3.11’de görüldüğü gibi gecikmiş son test ve görüşmede öğrencinin görüşleri yine A.1 kategorisinde kodlandığından kararlıdır ve altı çizili yazılmıştır.

Tablo 3.11: Görüşme yapılan öğrencilerin bireysel gelişimlerini gösteren örnek tablo.

	ÖN		SON		GECİKMIŞ SON	
KATEGORİ	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D1,D2,D4, D9,D16, D21,D23	<u>D1, D2, D4</u> D9, D12, D20 <u>D21, D23,D24</u> D25,D31	<u>D1, D2, D4</u> <u>D9, D12,</u> <u>D21, D23,</u> <u>D24, D31</u>	<u>D1, D2, D4</u> <u>D9, D12,D21</u> <u>D23, D24,</u> D25,D26,D31
A.2		D12	<u>D12, D20,</u> D22, D24, D25, D26 D31	<u>D16, D26</u>		D22
B.1	D2, D12 D24	<u>D2, D4,</u> D21,		<u>D22</u>	<u>D16, D20</u> <u>D22, D25,</u> <u>D26</u>	<u>D16, D20</u>
B.2	D4,D9, D16 D20,D21,D22 D23,D25, D26, D31	D1, D9, <u>D16,D20,D22</u> <u>D23, D24</u> <u>D25, D26</u> <u>D31</u>				
B.3	D1					

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim

3.6.2 Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinin Analizi

Fizik Dersi Motivasyon Anketi (FDMÖ); özyeterlilik, fizik öğrenmenin değeri, etkili öğrenme stratejileri, başarı hedefi, öğrenme ortamı teşviki, iletişim ve işbirlikli çalışma, fizikle ilgili araştırma yapma boyutlarından ve bu boyutlarda yer alan toplam 38 maddeden oluşmaktadır. Likert tipi ölçekte öğrenciler maddelere kesinlikle katılıyorum, katılıyorum, fikrim yok, katılmıyorum, kesinlikle katılmıyorum seçeneklerinden birini işaretleyerek yanıt vermiştir.

FDMÖ'deki maddeler, öğrencilerin işaretledikleri seçeneklere göre puanlanmış, Microsoft Excel paket programına girilmiştir. Öğrenci yanıtlarına, "kesinlikle katılıyorum" seçeneğini işaretlediklerinde 5, "kesinlikle katılmıyorum"

seçeneğini işaretlediklerinde ise 1 puan verilmiştir. Negatif anlamlı cümleler için bu puanlanmanın tam tersi yapılmış bu kez "kesinlikle katılmıyorum" seçeneğine 5, "kesinlikle katılıyorum" seçeneğine ise 1 puan verilmiştir.

Öğrencilerin yüksek puan almaları motivasyon düzeylerinin yüksek olması, düşük puan almaları ise motivasyon düzeylerinin düşük olması anlamına gelmektedir. Öğrencilerin ölçekten alabileceği en düşük puan 38, en yüksek puan ise 190'dır. Araştırmada bir hipotez testi yapılmadığı için öğrencilerin ön ve son uygulamada aldıkları puan toplamalarının karşılaştırılmasına yönelik yordayıcı istatistikler kullanılmamıştır. Öğrencilerin işaretledikleri ve puan değeri 1, 2, 3, 4 ve 5 olan seçeneklerin ön ve son uygulamadaki frekansları hesaplanmıştır. Öğretim öncesindeki uygulamadaki 1 puan değerine sahip seçeneklerin öğretim sonrasında işaretlenme frekansların azalması, puan değeri 5 olan seçeneklerin işaretlenme frekansının artması araştırmanın motivasyon üzerindeki olumlu etkisi olarak kabul edilmiştir.

Öğrencilerin ön ve son uygulamada FDMÖ' deki maddelere verdikleri yanıtlara ait puanlar Microsoft Excel paket programında sayılmış, böylelikle puan değeri 1, 2, 3, 4 ve 5 olan yanıtların frekansları hesaplanmıştır. Elde edilen veriler, bulgular bölümünde grafik halinde aktarılmıştır. Grafiklerin açıklanması ve yorumlanması beşinci bölüm olan bulgular ve tartışmada yapılmıştır. Ayrıca görüşmelerde öğrencilerin fizik dersine yönelik motivasyonlarını genel hatları ile ortaya çıkaran sorulara yer verilmiş ve bu sorulara verilen yanıtlar, elde edilen nicel verileri desteklemek amacı ile kullanılmıştır.

3.6.3 Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeğinin Analizi

Fizik Dersi Tutum Ölçeği (FDYTÖ); fiziğe bakış açısı, fizik dersi ile ilgili çekinceler, fizikle ilgili gelişmeleri takip etme olmak üzere toplam üç boyuttan ve bu boyutlarda yer alan toplam 19 maddeden oluşmaktadır. Likert tipi bu ölçekte öğrenciler maddelere kesinlikle katılıyorum, katılıyorum, fikrim yok, katılmıyorum, kesinlikle katılmıyorum seçeneklerinden birini işaretleyerek yanıt vermiştir.

Örneklemedeki öğrencilere FDYTÖ öğretim öncesi ve sonrasında uygulanmıştır. Öğrencilerin ölçekteki maddelerde işaretledikleri seçenekler puanlanmış, Microsoft Excel paket programına girilmiştir. Öğrenci yanıtlarına, "kesinlikle katılıyorum" seçeneğini işaretlediklerinde 5, "kesinlikle katılmıyorum" seçeneğini işaretlediklerinde ise 1 puan verilmiştir. Negatif anlamlı cümleler için bu puanlanmanın tam tersi yapılmış bu kez "kesinlikle katılmıyorum" seçeneğine 5, "kesinlikle katılıyorum" seçeneğine ise 1 puan verilmiştir.

Öğrencilerin yüksek puan almaları fizik dersine yönelik tutumlarının yüksek olması, düşük puan almaları ise tutumlarının düşük olması anlamına gelmektedir. Öğrencilerin ölçekten alabileceği en düşük puan 19, en yüksek puan ise 95'tir. Araştırma da bir hipotez testi yapılmadığı için öğrencilerin ön ve son uygulamada aldıkları puan toplamalarını karşılaştırmaya yönelik yordayıcı istatistikler kullanılmamıştır. Öğrencilerin işaretledikleri ve puan değeri 1, 2, 3, 4 ve 5 olan seçeneklerin ön ve son uygulamadaki frekansları hesaplanmıştır. Öğretim öncesindeki uygulamadaki 1 puan değerine sahip seçeneklerin öğretim sonrasında işaretlenme frekanslarının azalması, puan değeri 5 olan seçeneklerin işaretlenme frekansının artması araştırmanın öğrencilerin fizik dersine yönelik tutuma olumlu etkisi olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Öğrencilerin ön ve son uygulamada FDYTÖ'deki maddelere verdikleri yanıtlara ait puanlar Microsoft Excel paket programında sayılmış, böylelikle puan değeri 1, 2, 3, 4 ve 5 olan yanıtların frekansları hesaplanmıştır. Hesaplanan frekanslar öğretim öncesi ve sonrasını gösterecek şekilde bulgular bölümünde grafik halinde verilmiştir. Elde edilen grafikteki bulgular, ön ve son görüşmelerdeki fizik dersine yönelik tutumları araştıran sorulara verilen yanıtlardan alıntılar ile desteklenerek yorumlanmıştır.

3.6.4 Yarı yapılandırılmış görüşmelerin analizi

Öğrenciler ile yapılan görüşmelerde ses kaydı yapılmış, bu kayıtlar dinlenerek öğrencilerin yanıtları MFKT' nin analizi ile elde edilen kategorilere kodlanmıştır. Görüşmelerde öğrencilerin verdikleri yanıtlar kodlandıktan sonra yukarıda örneklenen bireysel gelişim tabloları oluşturulmuştur. Bundan başka

görüşmelerden elde edilen veriler; MFKT, FDMÖ ve FDYTÖ' den elde edilen verileri desteklemek için ikincil bir veri kaynağı olarak da kullanılmıştır (Black and Wiliam, 1998).

Görüşme kayıtlarının analizinde, yaygın olarak kullanılan bir kavram yanılığının nedenini ortaya koyması, farklı bir kavram yanılığı içermesi, yapılan öğretime ilişkin ipuçları taşıması vb. özelliklere dikkat edilmiştir. Sonuçlar bölümünde öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrasında sahip oldukları kavram yanılığları aktarılırken yalnızca MFKT'den elde edilenler değil, görüşmelerdeki öğrenci ifadelerinde tespit edilenler de aktarılmıştır.

3.7 Araştırmanın Uygulama Aşamaları

Bu bölümde modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel çatışmaya dayalı olarak hazırlanan öğretim modelinin test edilmesi çerçevesinde tasarlanan araştırmanın uygulama aşamalarından sırasıyla söz edilecektir. Uygulama aşamaları aşağıda maddeler halinde aktarılmıştır.

1. 2012-2013 Eğitim Öğretim Yılında uygulanan esas çalışmadan bir yıl önceki 2011-2012 Eğitim Öğretim Yılında esas çalışmanın tamamının denemesi yapılmıştır. Öğretim öncesinde MFKT, FDMÖ, FDYTÖ uygulanmış, öğretim öncesindeki iki hafta içinde ön görüşmeler yapılmıştır. Yaklaşık 9 hafta boyunca öğretim yapılmış, hemen arkasından test ve ölçekler tekrar uygulanmıştır. Ardından son görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu deneme çalışması edinilen tecrübelerin bir sonraki eğitim öğretim yılında yapılacak olan esas çalışmaya ışık tutması için yürütülmüştür. Öğretimde, ölçeklerin uygulanmasında ve görüşmelerde karşılaşılan sorunların ya da eksikliklerin esas çalışmada ortaya çıkmaması amaçlanmıştır.

2. Esas çalışma 12.02.2013 tarihinde MFKT, FDMÖ ve FDYTÖ'nün birer gün ara ile uygulanması ile 2012-2013 Eğitim Öğretim Yılında başlamıştır. Ön görüşmeler iki hafta kadar sürmüştür.

3. Öğretim için okulun fizik laboratuvarı kullanılmış, projeksiyon cihazı, grup çalışmalarına izin veren toplam on adet masa ve bu masalar üzerine bilgisayarlar konumlandırılmıştır. Örneklemde yer alan iki sınıfta sırasıyla 19 ve 21 kişi

bulduğundan laboratuvarın en arkasında kalan iki masa hiç kullanılmamıştır. Bilgisayarlara daha önceden kullanılması planlanan simülasyonlar yüklenmiştir. Sınıfa internet hattı çekilmiş, öğretimde zaman kaybı olmaması için gerekli internet siteleri bilgisayarlara kaydedilmiştir. Grup masalarının tümüne ses kayıt cihazları konulmuş, gruptaki öğrencilerden birine bu cihazlar ile ilgili sorumluluk verilmiştir.

4. Öğrenciler birlikte çalışmayı uygun buldukları kişilerle gruplarını kendileri oluşturmuşlar, araştırmacı sonrasında öğrencilere de danışarak küçük düzenlemeler yapmıştır.

5. 25.02.2013 tarihinde öğretim anlaşılabilirlik, akla yatkınlık ve işe yararlık kavramlarının öğretimi ile başlamıştır. Sonrasında yenilik etkisini ortadan kaldırmak için dalgalar ünitesinin ses dalgalarının girişimi ve rezonansı konularının araştırmada tasarlanan model ile sunumu ile başlamıştır. İki hafta süren dalgalar ünitesinin öğretiminin ardından modern fizik öğretimi başlamış, yaklaşık 11 hafta sürmüş ve 10.05.2013 tarihinde sona ermiştir.

6. Öğretim sonra erdikten sonra MFKT, FDMÖ ve FDYTÖ tekrar uygulanmış ve hemen ardından son görüşmeler başlamıştır. Son görüşmeler 20.05.2013 tarihinde bitirilmiştir.

7. Son görüşmelerin bitiminden yaklaşık beş ay sonra gecikmiş son test olarak güncellenen MFKT uygulanmıştır. Hemen ardından gecikmiş son görüşmeler başlamış test uygulamasından iki hafta sonra bitirilmiştir.

4. ÖĞRETİM

Bu araştırmadaki öğretime yön veren teorik anlayış Posner ve arkadaşlarına (1982) ait kavramsal değişim teorisidir. Araştırmacı tarafından öğretim için geliştirilen ve Şekil 1.7' de görölen üst bilişsel ve motivasyonel stratejilerle desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modelinin dayandığı temeller giriş bölümünde detaylıca verilmişti. Mecaz bir anlatımla araştırmada test edilecek öğretim modeline uzaktan bakıldığında Posner ve arkadaşlarına (1992) ait kavramsal değişim modelinin göröleceği söylenebilir. Modele doğru yaklaşıldığında ise kavramsal değişim yaklaşımı bakımından karşıdan göröldüğü gibi *soğuk* olmadığı söylenebilir. Öğretim modelindeki kavramsal değişimde sıcaklığı yükselten katkılar ise Pintrich ve arkadaşlarının (1993) mirasıdır. Kavramsal değişimde sıcaklığı yükselten bireyin motivasyon gibi duyuşsal özelliklerini de dikkate alan yeni kavramsal değişim modelleri içinde en önemlileri, ılık eğilim olarak Boyle ve Sinatra (1998) ve sıcak eğilim olarak Gregoire (2003) tarafından geliştirilmiştir. Bilişsel Bilginin Yeniden Yapılanması Modeli ve Kavramsal Değişimin Bilişsel - Duyuşsal Modeli bu araştırmadaki öğretim biçimlendirilmesinde teorik alt yapıyı oluşturmuştur. Bununla birlikte Yıldız'ın (2008) kavramsal değişim modeline üst bilişi eklediği çalışmasının sonuçlarına dayanarak bu araştırmadaki öğretim modeline son Şekli verilmiştir. Araştırmada test edilecek olan sıcak kavramsal değişim için öğretim modeli, kurgu bakımından She (2002) tarafından önerilen İkilili Yerlişik Öğrenme Modeline ve bu modelin öğretimde uygulanması için önerilen ve altı aşamadan oluşan öğretim modeline dayanmaktadır. Bu bağlamda düşölmesi gereken en önemli not; araştırmanın kuramsal çerçevesini oluşturan tüm çalışmaların aslında Posner ve arkadaşlarına (1982) dayanmakta oluşudur.

Bu bölümde öğretim planlanması ve esas çalışmada öğretim nasıl uygulandığı açıklanacaktır. Ayrıca fotoelektrik olay konusuna ait yapılan öğretim örnek olması açısından aktarılacaktır.

4.1 Öğretimin Planlanması

Planlamanın ilk aşamasında "ne öğreteceğiz" sorusu yanıtlanmaya çalışılmıştır. Bu nedenle Ortaöğretim 11. Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programındaki modern fizik ünitesinde yer alan kazanımlar belirlenmiştir. Araştırmanın sınırlılıkları çerçevesinde programdaki öğretimi yapılacak konu ve kazanımlar aşağıda Tablo 4.1' de aktarılmıştır.

Şekil 1.7' de görülen motivasyonel ve üst bilişsel stratejilerle destekli bilişsel çatışma stratejisine dayalı öğretim modeline göre araştırmacılar tarafından çalışma grubu için öğretim planları tasarlanmıştır. Öğretimde üst bilişsel stratejiler olarak Yıldız'ın (2008) çalışmasında kullandığı anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık etkinliklerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Yıldız (2008) üst bilişsel stratejilerle desteklenmiş ilköğretim kuvvet ve hareket ünitesi öğretimine başlarken öncelikle anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık kavramları üzerine farkındalık çalışması yaptığını rapor etmiştir. Öğrenciler ile uzlaşıldığını, öğrencilerin tartışmaya katıldıkları zamanlarda açıklamalarının anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık noktalarını da değerlendirdiklerini böylelikle üst bilişsel yönlendirmeler yapıldığını ifade etmiştir. Kavramsal değişim için Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen ve öğrenilen bilginin taşınması gereken "anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık" özelliklerinin yanında bu çalışmada "işe yararlık" özelliği de dikkate alınmıştır. Bu nedenle çalışma grubundaki öğretiminin "anlaşılabilirlik, akla yatkınlık ve işe yararlık" kavramlarına ilişkin farkındalık çalışması ile başlamasına karar verilmiştir. İlgili farkındalık çalışmasının yürütülmesi için araştırmacı tarafından geliştirilen plan örneği Ek - I'de görülmektedir.

Öğretimin ikinci aşaması modelin öğrencilerde oluşturacağı yenilik etkisinin üstesinden gelmek için kurgulanmıştır. Milli Eğitim Bakanlığı 11. Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programında manyetizma ünitesinden sonra modern fizik ünitesi gelmektedir. Ancak manyetizma ünitesi çok sayıda kazanım içeren geniş bir konu olduğundan, programın uygulanmasında değişikliğe gidilmiş, öğrencilerdeki yenilik etkisini giderme amacıyla modern fizikten sonraki ünite olan dalgalar ünitesi seçilmiş ve modern fizik ünitesinin önüne alınmıştır. Dalgalar ünitesi içindeki ses konusu üzerine yenilik etkisini giderecek öğretim planları hazırlanmıştır. Ses dalgaları ile ilgili hazırlanan öğretim planları da Ek - J'de görülmektedir.

Tablo 4.1: Öğretim aşamaları için seçilen konu ve kazanımlar.

Konu	Kazanımlar
Siyah Cisim Işıması ve Işığın tanecikli yapısı	1 Işığın tanecikli özeliği ile ilgili olarak, 1.1 Kara cisim ışımamı açıklar. 1.2 Fotonu enerji paketi (çıkımı) olarak açıklar.
Fotoelektrik Olay	1.3 Fotoelektrik olayı açıklar. 1.4 Fotoelektronların sahip olduğu maksimum kinetik enerji ile durdurma gerilimi ve eşik enerjisi arasındaki ilişkileri özetler.
Compton Olayı	1.5 Foton-elektron etkileşiminde fotonların elektronlar tarafından saçılmasında enerji ve momentumun korunduğu sonucuna varır.
Işığın Momentumu ve Maddesel Parçacıkların Dalga Özeliği	1.6 Işığın, madde ile etkileşmesinden yararlanarak, belirli bir enerji paketine ve momentuma sahip olan bir parçacık gibi davrandığı çıkarımını yapar. 2 Parçacıkların dalga özeliği ile ilgili olarak, 2.1 Kütlesi ve momentumu olan her cismin dalga özeliği gösterdiğini belirtir.
Thompson, Rutherford ve Bohr Atom Modelleri	3 Atomun yapısı ile ilgili olarak, 3.1 Elektronun özelliklerini açıklar. 3.2 Atomun çekirdekten ve elektronlardan oluştuğunu gösteren ilk atom modelini açıklar. 3.3 Atomda elektronların belirli kararlı yörüngelerde dolandığını öngören atom modelini açıklar. 3.4 Bohr atom modelinden yararlanarak hidrojen atomunun iyonlaşma enerjisi ile boyutunu hesaplar. 3.5 Bohr atom modelinden yararlanarak hidrojen atomunun kararlı enerji seviyelerini hesaplar. 3.6 Atomlarla ilgili her türlü modelin deneysel sınamalarının atomların tayfları gözlenerek yapıldığı çıkarımında bulunur.
Heisenberg Belirsizlik İlkesi ve Modern Atom Teorisi	3.7 Atomun yapısını açıklamakta kullanılan kuantum sayılarını yorumlar. 3.8 Bir atomdaki iki elektronun dört kuantum sayı değerlerinin hiç bir zaman aynı olamayacağını sebebini açıklar. 3.9 Bir parçacığın konumunu ve momentumunu aynı anda tam bir doğrulukla ölçmenin olanaksız olduğu sonucuna varır. 3.10 Dalga denklemlerinin çözümlerinin elektronların fiziksel durumlarının olasılıklarını verdiğini fark eder. 3.11 Atomun boyutunu çevresindeki cisimlerin boyutu ile karşılaştırır. 3.12 Atomun enerji seviyelerinden yararlanarak atomun uyarılmasını yorumlar.

Şekil 1.7’de görülen ve bu araştırmada test edilecek olan üst bilişsel ve motivasyonel stratejiler ile desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modeline uygun olarak ders bölümleri belirlenmiştir. Öğretim periyodik olarak tekrarlayan *1. Neler Öğreneceğiz?*, *2. Kafa yoran sorular*, *3. Ön bilgilerimizi gözden geçirelim*, *4.*

Görevimiz bilim, 5. *Bilimsel bilgi ile tanışalım*, 6. *Problem çözelim*, 7. *Değerlendirme* bölümlerinden oluşmuştur. Şekil 1.7' deki öğretim modelinin aşamaları derslerdeki az önce belirtilen bölümlere Tablo 4.2' de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Öğretimdeki "Neler öğreneceğiz" başlıklı birinci bölüm modeldeki "öğrencilerin içeriğe motive edilmeleri" bölümüne denk gelmektedir. "Kafa yoran sorular" bölümü öğretim modelindeki "ön fikirler ve kavramların ortaya çıkarılması" bölümüne denk gelmektedir. Bu bölüm öğrencilerin konu ile ilgili ön fikir ve kavramlarını ortaya çıkarmak için sorular sorulan bölümdür. Bu bölümde öğretmen sorular sormuş, öğrenciler görüşlerini açıklamışlar, açıklamalarını da anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık bakımından değerlendirmişlerdir. Öğretmen gerekli noktalarda devreye girerek fikirler arasındaki benzerlik ve farklılıkları vurgulamış, ayrıca tahtaya sınıftaki tüm görüşleri özetlemiştir. Önerilen öğretim modelindeki "Çelişkili olayın çatışacağı ön bilgilerin gözden geçirilmesi" başlıklı aşama öğretimdeki "ön bilgilerimizi gözden geçirelim" bölümüne karşılık gelmektedir. Giriş bölümünde değinildiği gibi öğrencilerin ön bilgileri aktive edilirse bilişsel çatışma yaşamaları olasılığı artmaktadır. Bu nedenle "ön bilgilerimizi gözden geçirelim" bölümünde öğrencilerin genellikle klasik fiziğe dayalı ön fikirleri kendilerine yöneltilen sorular ile aktive edilmeye çalışılmıştır. Modeldeki "bilişsel çatışmanın oluşturulması" ve "grupla çalışma ve tartışma" aşamaları, öğretim aşamalarında "Görevimiz bilim" başlığı ile adlandırılan bölümde gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. "Görevimiz bilim" adlı bölümde öğretmen çelişkili olayı sunmaktadır. Ardından öğrencilere grup çalışması için fırsat verilmektedir. Bu bölümde öğrenciler gerek grup içinde tartışarak, gerekse simülasyonlarla deneyler yaparak öğreticinin verdiği görevleri yapmaya çalışmaktadır. Bununla birlikte öğrenciler grup çalışmaları sonunda elde ettikleri sonucu grup sözcüleri ile sınıfa açıklamaktadır. Öğretmen bu bölümde herhangi bir açıklama yapmadan grupların sonuçlarının bir özetini yapmaktadır. Öğretimdeki "Bilimsel bilgi ile tanışalım" bölümü modeldeki "bilimsel bilginin tanıtılması" aşamasına karşılık gelen ve öğretmenin daha aktif olduğu bir bölümdür. Ancak bilimsel görüşe ulaşmada sınıf içi tartışma yöntemi de kullanılmış öğrencilerin yine aktif olması sağlanmıştır. Öğretmen grupların sonuçlarını ya da fikirlerini anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık noktasında inceletmiş, ardından bilimsel görüşe doğru ilerleyen öğrenme sürecini başlatmıştır. Bununla birlikte yeni bilginin akla yatkınlık boyutunun da değerlendirilmesi yapılmış, modern fiziğin kabulleri savunulmuştur.

Tablo 4.2: Modeldeki aşamalara karşılık gelen öğretim aşamaları.

Öğretim Modelindeki Aşamalar	Öğretim Aşamaları
Öğrencilerin içeriğe motive edilmeleri	Neler Öğreneceğiz?
Öğrencilerin ön fikir ve kavramlarının ortaya çıkarılması	Kafa Yorana Sorular
Çelişkili olayın çatışacağı ön bilgilerin gözden geçirilmesi	Ön Bilgilerimizi Gözden Geçirelim
Bilişsel çatışmanın oluşturulması	Görevimiz Bilim
Grupla çalışma ve tartışma	
Bilimsel bilginin tanıştırılması	Bilimsel Bilgi ile Tanışalım
Bilimsel bilginin yeni bir problem durumuna uygulanması	Problem Çözelim
Değerlendirme	Değerlendirme

Giriş bölümünde değinildiği gibi kavramsal değişim teorisinin ani değişim gerektiren yapısı eleştiri almaktadır. Bu araştırmada öğretim modeline eklenen "bilimsel bilginin yeni bir problem durumuna uyarlanması" bölümünün öğretimdeki karşılığı ise "problem çözelim" aşamasıdır. Öğretimdeki bu aşamada çalışma yaprakları hazırlanmış öğrencilere dağıtılmıştır. Fotoelektrik olay ile ilgili örnek bir çalışma yaprağı Ek - K' de görülmektedir. "Problem Çözelim" başlığına sahip öğretimin yedinci bölümünde öğrencilere öğrendikleri modern fizik kavramlarını yeni fiziksel durumlara uygulama imkânı verilmiştir. Hem modelde hem de öğretimde aynı ismi taşıyan "Değerlendirme" bölümünde ise öğrenciler öğrenme süreçlerini değerlendirmektedir. Bu bölümde sınıf içi tartışma yöntemi kullanılabilir. Öğrenciler ön görüşlerinin ne olduğunu ve öğretim sonrasında bu görüşlerinin değişip değişmediğini konuşmaktadır. Öğrenciler eğer fikirlerinde değişim varsa bu değişime neden olan öğretim içeriğini açıklamaktadır. Araştırmada test edilecek öğretim modelindeki bölümler yukarıda belirtilen öğretim aşamalarına uyarlanmış sonrasında öğretim planları hazırlanmıştır. Fotoelektrik Olay konusunun öğretimini gösteren ders plan örneği Ek – L' de görülmektedir.

4.2 Öğretimin Uygulanması

Test, ölçek ve yarı yapılandırılmış görüşmelerin tamamlanması ile 25.02.2013 tarihinde öğretim başlamıştır. İlk olarak öğrenciler çalışabilecekleri kişilerle grup oluşturmuş, öğretmen küçük değişiklikler yaparak gruplara son şeklini vermiştir. 11 A sınıfında oluşan 6 gruptan birinde 4 diğerlerinde 3 öğrenci

bulunmaktadır. 11 B sınıfında ise oluşan 6 grubun dördünde 4, birinde 3, birinde de 2 öğrenci yer almıştır.

Öğretim önce anlaşılabilirlik, akla yatkınlık ve işe yararlık kavramlarına ilişkin Ek - I'deki plan örneğinde görülen farkındalık çalışması ile başlamıştır. Ardından bu araştırmada kullanılacak olan öğretim modelinin yenilik etkisini ortadan kaldırmak için dalgalar ünitesi içinden seçilen ses dalgalarının girişimi ve ses dalgalarının rezonansı ile ilgili öğretim yapılmıştır. Ardından Ek - L'de görülen öğretim planı örneğinde olduğu gibi Tablo 4.3' de görülen konu ve kavramların öğretimi yapılmıştır.

Öğretimde 19'u modern fiziğe ait olmak üzere toplam 21 kazanım, toplam 33 ders saatinde bitirilmiştir. Bu 33 ders saatinin 27' sinde modern fizik konu ve kavramlarının öğretimi yapılmış, geri kalan 6 ders saatinde üst biliş stratejileri için farkındalık çalışması ve yenilik etkisini giderici öğretim yapılmıştır. Öğretim yaklaşık 11 hafta sürmüş 10.05.2013 tarihinde bitirilmiştir.

Tablo 4.3: Öğretimi yapılan konular ve öğretim süreleri.

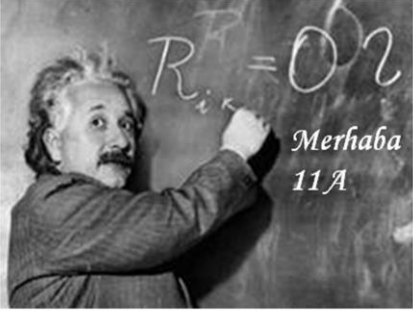
Araştırma aşaması	Konu	Kazanım Sayısı	İşlenen Ders Sayısı
Üst biliş stratejileri için farkındalık çalışması	Anlaşılabilirlik, Akla yatkınlık, İşe yararlık	-	2
Yenilik etkisini giderici öğretim	Sesin Girişimi	1	2
	Sesin Rezonansı	1	2
Modern fizik öğretimi	Siyah Cisim Işınması ve Işığın Tanecikli Yapısı	2	4
	Fotoelektrik Olay	2	6
	Compton Olayı	1	3
	Işığın Momentumu ve Maddesel Parçacıkların Dalga Özelliği	2	2
	Thompson, Rutherford ve Bohr Atom Modelleri	6	6
	Heisenberg Belirsizlik İlkesi ve Modern Atom Teorisi	6	6
	TOPLAM	21	33

Örneklemedeki sınıflarda haftada dört ders saati fizik dersi işlenmiştir. Her bir ders saati 45 dakikadır. Normal şartlarda 11 haftada 44 fizik dersi işlenmesi gerekirken 33 ders işlenebilmiştir. Bu durumun nedeni olarak; resmi bayramların tatilleri, okuldaki belirli gün ve haftalar nedeniyle kutlama, anma, konferans vb. etkinlikler nedeniyle ders yapılamaması gösterilebilir.

4.3 Sıcak Kavramsal Değişim İçin Öğretim: Fotoelektrik Olay Örneği

Bu başlık altında araştırmada geliştirilen bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modeline göre işlenen modern fizik ünitesi alt başlıklarından fotoelektrik olay konusunun öğretim aşamaları örneklenecektir. Öğretim için kullanılan materyaller, Microsoft Powerpoint Paket Programında hazırlanmış sunu, çalışma yaprağı (Ek - K) ve Steinberg ve Oberem'in (2000) çalışmalarında kullandıkları <https://phet.colorado.edu/tr> sitesinde de yer alan fotoelektrik olay ile ilgili simülasyon ve internetten indirilen videodan oluşmaktadır.

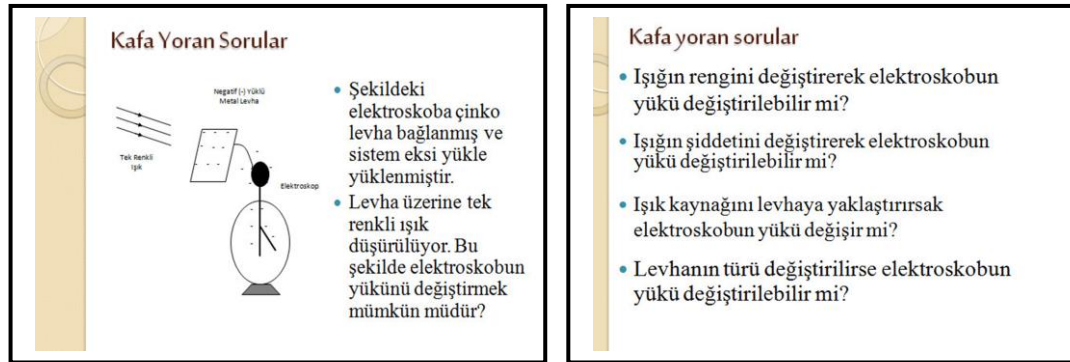
Dersin ilk bölümü öğrencilerin içeriğe motive edilmeleri ile başlamıştır. Bunun için öğrencilere Şekil 4.1'de görülen slaytlar gösterilmiştir.

<p>Kuantum Dünyasına Hoşgeldiniz.</p>  <p>Merhaba 11A</p>	<p>Neler Öğreneceğiz?</p> <ul style="list-style-type: none">• Bu derste yine kuantum fiziğinin temeli olan konu üzerinde duracağız.• Kuantum dünyasının ilginç özelliklerini öğreneceğiz.• Fotosellerin nasıl çalıştığını öğreneceğiz.• Mağazalardaki otomatik açılıp kapanan kapıların nasıl çalıştığını öğreneceğiz.
--	---

Şekil 4.1: Dersin "neler öğreneceğiz" bölümünde öğrencilere gösterilen slaytlar.

Öğrencilere kuantum fiziğine temel oluşturan bir konu üzerinde durulacağı, günlük hayatta çok fazla karşılığı olan bir konunun öğretimi yapılacağı söylenmiştir. Ayrıca fotosellerin ve mağaza veya süpermarketlerdeki otomatik kapıların nasıl çalıştığının öğrenileceği ifade edilmiştir.

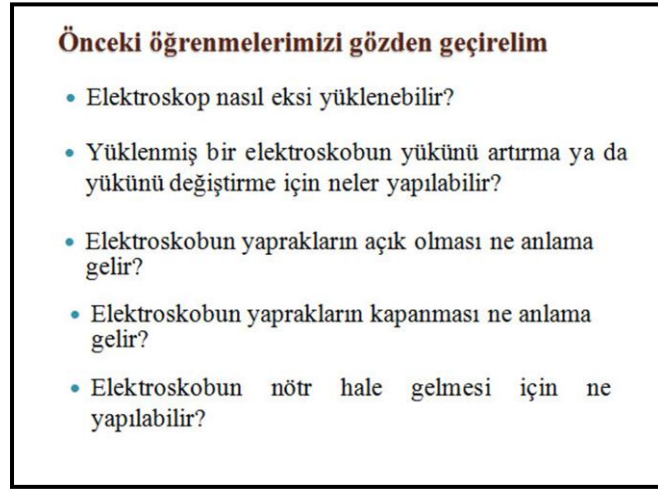
Dersin sonraki bölümü öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin öğretim öncesindeki fikirlerinin ortaya çıkarıldığı "kafa yoran sorular" bölümüdür. Bu bölümde öğrencilere bir elektroskop ve onun topuzuna bağlı metal levha verilmiştir. Metal levha ve elektroskop eksi yüklüdür ayrıca elektroskopun yaprakları açıktır. Şekil 4.2' de görüldüğü gibi levha üzerine tek renkli ışık düşürülmektedir. Öğrencilere ilk olarak bu şekilde elektroskopun yükünü değiştirmenin mümkün olup olmadığı sorulmuştur. Ardından verilen bu fiziksel durum için öğrencilere ışığın şiddetini artırarak, ışığın frekansını ve rengini değiştirerek elektroskopun yükünün değiştirilip değiştirilemeyeceği sorulmuştur. Öğretimin önceki eğitim öğretim yılında yapılan deneme çalışmasında öğrencilerden bazılarının ışığın rengi ile frekansı kavramlarının ilişkili olduğunu fark edemedikleri görülmüş, bu nedenle esas çalışmada yapılan öğretimde ışığın renginin ve frekansının değiştirilmesi durumu ayrı olarak sorulmuştur. Öğrencilerden yanıtlarını verirken kendi ifadelerini anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık bakımından değerlendirmeleri istenmiştir. Ayrıca öğrenciler, açıklamalar yaptıkça diğer öğrencilerin ifadelerini de olumlu ya da olumsuz eleştirmeye başlamıştır. Böylelikle sınıfta tartışma ortamı oluşturulmuştur. Öğretmen verilen cevapları tahtaya yazmıştır. Tartışma bittikten sonra öğretmen tahtada yazılı ön fikirlerin özetini yapmış ayrıca öğrencilere çok işlevsel bir tartışma ortamı oluşturulduğunu söylemiştir.



Şekil 4.2: Öğrencilerin ön fikirlerinin ortaya çıkarıldığı "Kafa yoran sorular" bölümü.

Öğrencilere daha anlamlı gelecek bir bilişsel çatışma için araştırmada üzerinde önemle durulan noktalardan biri olan "ön bilgilerin gözden geçirilmesi" aşamasında öğrencilere elektroskopun yüklenmesi, elektroskopun yapraklarının açılmasının ve kapalı konumda olmasının ne anlama geldiği gibi sorular

yöneltmiştir. Bilgisayar destekli sunuda öğrencilere yöneltilen soruların bulunduğu slayt Şekil 4.3' de görülmektedir.



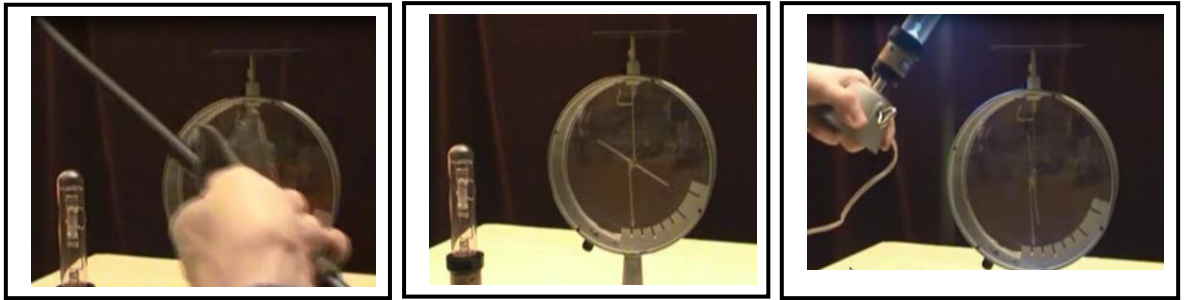
Şekil 4.3: "Ön bilgilerimizi gözden geçirelim" bölümünde öğrencilere yöneltilen sorular.

Şekil 4.3' den anlaşılacağı gibi öncelikle öğrencilerle elektroskopun yüklenmesi durumunda yapraklarının açık, yükünü kaybetmesi durumunda ise yapraklarının kapalı olacağı konusunda uzlaşma sağlanması amaçlanmaktadır. Bir önceki eğitim öğretim yılında öğretimin deneme çalışmasının yapıldığı örnekte bulunan öğrencilerin büyük bir çoğunluğu, ön kavramların ortaya çıkarıldığı bölümde "ışık yüksüzdür o nedenle elektroskoba etki etmez" ya da "ışık yüklü olduğu için elektroskopun yükü değişir" şeklinde yanıtlar vermiştir. O nedenle esas çalışmada yapılacak olan öğretimde öğrencilerin benzer yanıtlar vereceği düşünülmüş ve Şekil 4.3' te görülen sorular sunuya eklenmiştir. Bu aşamada öğrencilerin elektroskopun yük kaybetmesi ya da kazanmasına yönelik kavramsal ekolojileri ne kadar aktive edilirse, bilişsel çatışmayı o kadar anlamlı yaşayabilecekleri düşünülmüştür.

Bu araştırmada test edilecek öğretim modelindeki dördüncü aşama bilişsel çatışmanın oluşturulması, ardından gelen beşinci aşama da öğrencilerin grupla çalışarak bilişsel çatışma oluşturan çelişkili olaya bir açıklama getirmeye çalışmalarıdır. Öğretimde bu iki bölümünde karşılığı "Görevimiz bilim!" başlığı altında verilmiştir. Öncelikle bilişsel çatışmanın oluşturulması aşamasında öğrencilere daha önce internetten indirilen video izlettirilmiştir. Videoda yer alan

birinci bölümde bir kişi eline aldığı ebonit çubuğu kumaş parçasına sürterek elektriklenmesini sağlamaktadır. Daha sonra ebonit çubuğu elektroskoba değdirip elektroskobu yüklemekte ve elektroskobun yapraklarının açıldığı gözlenmektedir. Bu bölüme kadar klasik fiziğe dayalı zihinsel modellerine son derece uygun bir fiziksel durum söz konusu olduğundan öğrenciler için her şey yolundadır. Ancak videodaki kişi mavi renkli ışık yayan bir kaynağı elektroskobun topuzuna yaklaştırdığında elektroskobun yapraklarının kapandığı görülmektedir. Videoda açıklanan bu aşamalar aşağıda Şekil 4.4' de görülmektedir.

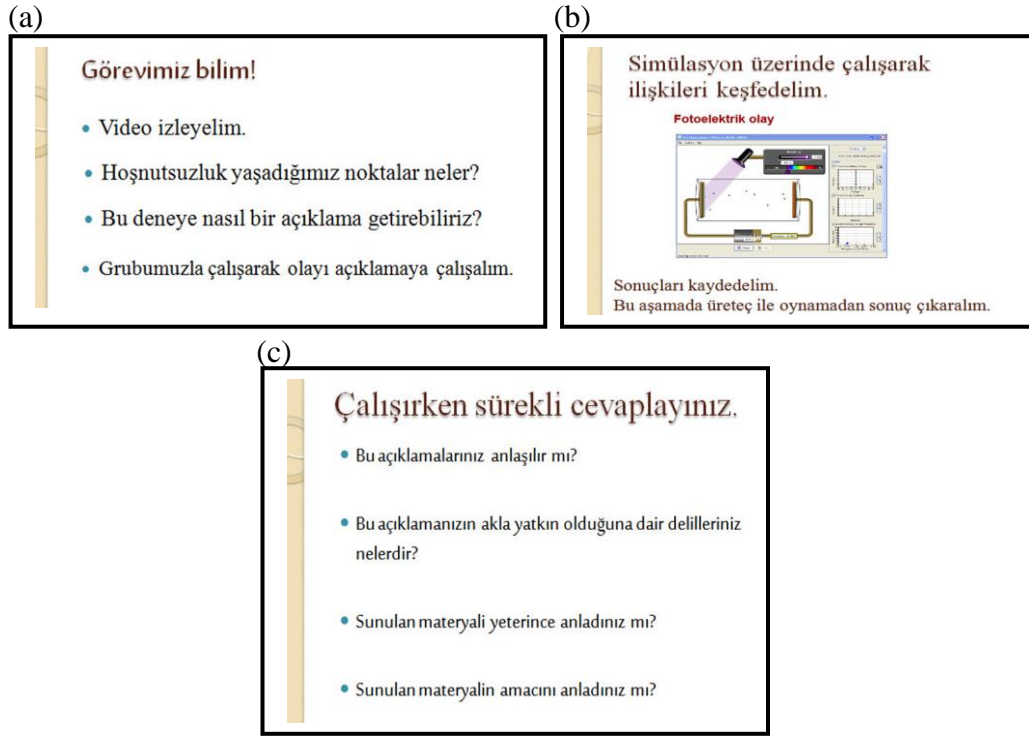
Öğrencilere "bu olayı nasıl açıklarsınız?" sorusu sorulmuş (Şekil 4.5(a)), beş dakikalık süre verilmiş ve grupla çalışarak cevap vermeleri istenmiştir. Öğretmen bu aşamada gruplar arasında dolaşip cevap vermeden tartışmalara katılmıştır. Öğretmen sürenin sonunda grup sözcülerinden grup yanıtlarını ifade etmelerini istemiştir. Gruplar açıklamalarını yaparken anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık bakımından yanıtlarını savunmuştur.



Şekil 4.4: Bilişsel çatışmanın oluşturulduğu fotoelektrik olay ile ilgili videodaki aşamalar.

Öğretmen sorular sorarak öğrencilerin açıklamalarının derinlemesine incelenmesini böylelikle diğer öğrenciler için anlamlı hale gelmesini sağlamıştır. Gruplardaki öğrencilerin diğer gruplara sorular sormalarına da fırsat verilmiştir. Böylelikle grup çalışması ile başlayan süreç sınıf tartışması ile son bulmuştur.

Bu bölüme kadar öğrencilere bilimsel bilgi ile ilgili herhangi bir açıklama yapılmamıştır. Öğrencilere yeni bir görev verilmiş grupça bilgisayardaki simülasyonla çalışarak karşılaştıkları duruma açıklık getirmeleri istenmiştir. Simülasyonda birine başka bir metal yerleştirilmiş karşılıklı iki levha bulunmaktadır.



Şekil 4.5: Fotoelektrik olay öğretiminde "görevimiz bilim" bölümündeki slaytlar.

Şekil 4.5(b)'de görüldüğü gibi levhalar bir pile ve ampermetreye bağlıdır. Öğrencilere pil geriliminde herhangi bir değişiklik yapmamaları gerektiği özellikle vurgulanmıştır. Simülasyonda ışığın frekansı ve şiddeti değiştirilebilmektedir. Öğrencilere belirli bir süre verilmiş ve simülasyondaki frekans ve şiddeti değiştirerek ampermetredeki değerleri gözlemeleri ve sonuçları kaydetmeleri beklenmektedir.

"Grupla çalışma ve tartışma" aşamasının öğretim bölümündeki karşılığı olan "görevimiz bilim" bölümünde üst bilişsel yönlendirmeler yapılmıştır. Şekil 4.5(c)'de görüldüğü gibi "çalışırken sürekli cevaplayınız" başlığı altında "materyali yeterince anladınız mı?", "materyalin amacını anladınız mı?" şeklinde üst biliş mekanizmasını hareket geçiren sorulara yer verilmiştir. Ayrıca bu bölümde öğretmen grupları dolaşarak öğrencilerin çalışmalarını sorular ile desteklemiştir. Öğretmen son olarak gruplardan gelen sonuçları dinlemiş ve tahtaya özetini yazmıştır. Açıklananlar akla yatkınlık bakımından gerek grubun sözcüleri gerekse grup dışından söz almak isteyen öğrenciler tarafından değerlendirilmiştir.

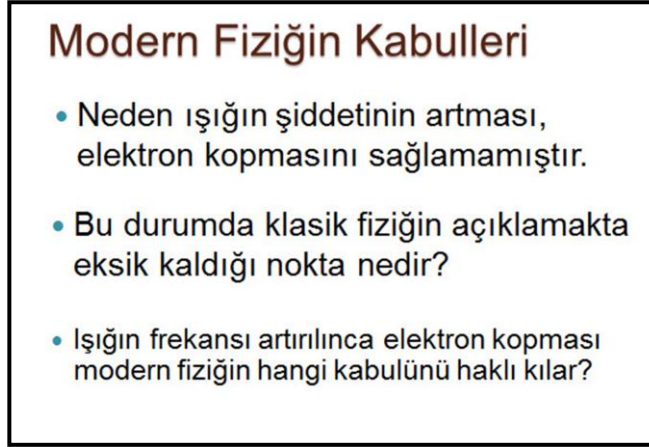
Fotoelektrik olay öğretiminin sonraki aşaması öğretim modelindeki "bilimsel bilginin tanıtılması" bölümüdür. Bu bölüm öğretmenin en aktif olduğu bölümdür.

Öğretim bölümlerindeki karşılığı "bilimsel bilgi ile tanışalım" olarak adlandırılan bu bölümde, öğrencilerin o ana kadar ulaşmaya çalıştıkları bilimsel bilgiye ulaşması için öğretmen rehberlik etmeye başlamıştır. Öğrencilere elektroskobun yapraklarının kapanmasının yük kaybetmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu konuda sınıf genelinde bir uzlaşma sağlandıktan sonra öğretmen ışığın yüklü olup olamayacağını sormuştur. Bir önceki eğitim öğretim yılında yapılan deneme çalışmasından "yükü ışık" mantığına dayalı yanıtlar alındığından araştırmacı esas çalışmanın öğretiminde hazırlıklı durumdadır. Öğrencilere 10. sınıf özel görelilik kuramında geçen ışığın ışık hızı ile hareket ettiği gerçeği hatırlatılmıştır. *Yükü ışığın* ise yük taşınması gerektiği ve bu yüklerin kütleyle sahip olması gerektiği belirtilmiş böylelikle kütlesi olan yüklerin asla ışık hızında gidemeyeceği vurgulanmıştır. Öğretmen gruplardan gelen yanıtlar ile birlikte sentezini yaptığı ön kavramları birer birer irdelerek sınıfın katılımı ile sonuca ulaşmıştır. Öğrencilere ışık yük taşımıyorsa, elektroskoptaki yük kaybının ancak elektron kopması, elektronların levhayı terk etmesi ile açıklanabileceği belirtilmiştir. Öğretmen bir önceki konu olan siyah cisim ışımasında öğrenilen foton kavramı ile konuyu ilişkilendirerek ışıktaki fotonların elektron kopardığını ve bu durumun fotoelektrik olay olduğunu ifade etmiştir.

Öğretimdeki "Bilimsel bilgi ile tanışalım" bölümü öğretmenin, öğrencilerin simülasyonlardan çıkardığı sonuçları irdelenmesi ile sürdürülmüştür. Öğretmen fotoelektrik olayın neden her frekansta gerçekleşmediği, neden belirli bir eşik frekansının bulunduğu gibi sorular sormuştur. Bu sorular ile öğretmen Einstein'ın fotoelektrik denklemini açıklamıştır. Önceki eğitim öğretim yılında yapılan deneme çalışmasında öğrenciler, fotoelektrik olaya ilişkin simülasyonda elektronların kopmadığı durumda şiddeti artırmanın elektron kopmasını sağlamadığı sonucuna ulaşabilmiştir. Böylelikle bir sonraki yıl yapılan esas çalışmada öğrencilerin benzer sonuçlara ulaşacakları düşünülmüş ve kendilerine sorulmak üzere Şekil 4.6' da görülen sorular hazırlanmıştır.

Öğrencilere ışığın elektron koparmadığı durumda ışığın şiddetinin artmasının nasıl bir etki yaptığı sorulmuştur. Bazı gruplar yanıtı hemen verebilmiş bazıları ise yanıtlayamamıştır. Öğrencilere iki dakikalık süre verilerek tekrar simülasyonu bu bakımdan çalışmalarını istenmiştir. Böylelikle öğrencilerin tümü

elektronun kopmadığı durumda şiddet artışının elektron koparmaya yetmediğini görmüştür.



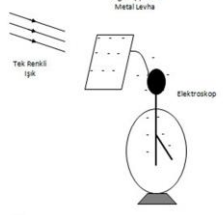
Şekil 4.6: Fotoelektrik olay öğretiminde modern fiziğin kabullerinin savunulması.

Öğretmen, şiddetin artmasının enerji artması anlamına gelmediğini özellikle belirtmiştir. Bu aşamada "Ön öğrenmelerimizi gözden geçirelim" bölümüne dönmüş ve klasik bir dalganın şiddeti ile enerjisinin doğru orantılı olduğu vurgulandıktan sonra ışığa klasik bir dalga olarak bakılamayacağı belirtilmiştir. Işığın belirli bir eşik frekansından sonra elektron kopması durumunun klasik fizikle açıklanamayacağı ancak Planck'ın foton kavramı ile açıklanabilen bir durum olduğu da söylenmiştir. Bu bölümde öğrencilerden yeni konu ya da kavramların akla yatkınlık ve ayrıca işe yararlık kavramı bakımından değerlendirmeleri istenmiştir. Böylelikle üst bilişsel yönlendirmelere yeniden vurgu yapılmıştır.

Öğretim modelinde güçlü kavramsal değişimi sağlama bakımından en önemli bölümlerden biri olan "bilimsel bilginin yeni bir problem durumlarına uygulanması" öğretim bölümlerinde "Problem Çözelim" başlığı altında verilmiştir. Bu bölümde öğrencilere Ek - K' de görülen çalışma yaprağı dağıtılmıştır. Öğrenciler A bölümündeki probleme yönlendirilmiştir. Bu bölümde öğrencilerden simülasyonu kullanarak bir fotosel devrede akım gerilim grafiği çizmeleri istenmiştir. Öğrencilere süre verilmiş öğretmen grupları dolaşarak geri bildirim yapmıştır. Süre sonunda gruplar cevaplarını açıklamışlar ve tartışma yöntemi ile sonuca ulaşılmıştır. Sonrasında öğrenciler çalışma yaprağındaki diğer bölümlere yönlendirilmiştir. Görüldüğü gibi bu bölümün amacı öğrencilerin yeni kavramlarını daha farklı fiziksel

durumda denemeleri ve başka problemlerin çözümünde yeni kavramlarının onlara yardımcı olduğunu fark etmelerinin sağlanmasıdır. Özellikle yeni kavramın işe yarar olduğunu, öğretimin "problem çözümü" aşamasında fark edebilecekleri düşünülmektedir.

Değerlendirme



- Şekilde elektroskoba çinko levha bağlanmış ve sistem eksi yükle yüklenmiştir.
- Levha üzerine tek renkli ışık düşürülüyor. Bu şekilde elektroskobun yükünü değiştirmek mümkün müdür?

• Öğretimin başlarında bu soruya ilişkin fikirleriniz nelerdi?

Değerlendirme

- Öğretimin ardından soru ile ilgili ne düşünüyorsunuz?
- Eğer değişiklik varsa öğretimdeki hangi nokta sizin bu değişikliği yaşamanızda etkili oldu.
- Önceki kavramlarınızın açıklayamadığı noktalar nelerdi?
- Öğretim ardından değişime fikirleriniz hangi yönü ile fotoelektrik olayı açıklamakta başarılı.

Değerlendirme

- Öğretimin fotoelektrik olay ile ilgili kavramlarınızın değişmesinde size ne derece yardımcı olduğunu düşünüyorsunuz?
- Öğrendiklerinizi doğru öğrendiğinizden ne derece eminsiniz?
- Öğretimin güçlü ve zayıf yanları nelerdir?

Şekil 4.7: Fotoelektrik olay öğretiminde değerlendirme bölümündeki slaytlar.

Öğretim modelindeki "değerlendirme" bölümünde öğretimde de aynı isimle sunulmuştur. Bu bölüm bütünüyle üst biliş mekanizmasını harekete geçiren sorular ile oluşturulmuştur. Şekil 4.7' de "değerlendirme" bölümünde öğrencilere yöneltilen sorular görülmektedir. Şekil 4.7' de görüldüğü gibi öğrencilerden öğretim başındaki soruya dönmeleri ve öğretim öncesindeki fikirlerinin ne olduğunu hatırlamaları istenmiştir. Arkasından yeni fikirlerinin ne olduğunu düşünerek eğer varsa değişime neyin neden olduğunu açıklamaları istenmiştir. Öğrencilerden öğrendikleri konuların modern fizik kavramlarını açıklamada hangi noktalarda başarısız, yeni kavramın modern fizik konularını açıklamada hangi noktalarda başarılı olduğunu açıklamaları istenmiştir. Öğrencilere söz verilerek sınıfta konuşmaları sağlanmıştır. Ayrıca öğrenciler bu bölümde öğretimin güçlü ve zayıf yanlarını da değerlendirmiş, öğreticiye bir sonraki ders için önerilerde bulunmuştur.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, öğretim öncesinde, öğretimden hemen sonra ve öğretimden beş ay sonra uygulanan testler ve ölçeklere ilişkin bulgulara yer verilmiştir. Testlerden ve ölçeklerden elde edilen bulgular, ön, son ve gecikmiş yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen bulgularla desteklenerek sunulmuştur. İlk olarak Modern Fizik Kavram Testinden (MFKT) elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

5.1 Modern Fizik Kavram Testinden Elde Edilen Bulgular

Bölüm 5.1’ de “Çalışma grubundaki öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerinde, önerilen öğretim modeli ne derecede etkili olmuştur” sorusuna cevap aranacaktır. Öğrencilerin modern fizik kavramlarına ilişkin fikirleri, yöntem bölümünde açıklandığı şekilde analiz edilmiş, sonuçlar tablolaştırılmıştır. Bu bölümde analiz tabloları, tablolara ilişkin açıklamalar ve görüşme kayıtlarından alınan diyaloglar bulunmaktadır.

5.1.1 MFKT'deki Fotoelektrik Olay ile İlgili Birinci Soruya İlişkin Bulgular

Öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin fikirlerini inceleyen MFKT'deki birinci soru Şekil 5.1 de görülmektedir.

Şekil 5.1'de görülen birinci soruya verilen yanıtların tam doğru olarak kodlanması için (a) bölümünde ışığın şiddetinin artmasının elektron koparmaya neden olmayacağı böylelikle elektroskobun yükünün değişmeyeceğinin belirtilmesi gerekmektedir. Öğrencilerden, sorunun (b) bölümünde frekansın artmasının foton enerjisini artıracığı bu nedenle fotoelektrik olayın gerçekleşeceği ve elektroskobun yükünün değişeceği yönünde yanıtlar beklenmektedir. Öğrencilerin (c) bölümündeki açıklamalarının tam doğru kabul edilebilmesi için metalin cinsinin değiştirilmesinin, bağlanma enerjisini değiştirerek fotoelektrik olaya neden olabileceğini belirtmeleri gerekmektedir.

1. Yandaki şekilde görüldüğü gibi negatif yüklü metal bir levha elektroskoba bağlanarak elektroskop negatif yüklenmiştir. Tek renkli ışık, elektroskoba bağlanmış eksi yüklü metal levhaya düşürüldüğünde, elektroskopun yapraklarında herhangi bir değişiklik olmadığı görülüyor. Aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

a) Işığın şiddetini artırarak elektroskoptaki yük miktarını değiştirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

b) Işığın frekansını artırarak elektroskoptaki yük miktarını değiştirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

c) Yine negatif yüklü olmak şartıyla başka bir metal levha kullanarak elektroskoptu yüksüz hale getirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

Şekil 5.1: MFKT'deki Fotoelektrik Olay ile ilgili birinci soru.

Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki 1.soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.1 oluşturulmuştur.

Tablo 5.1: MFKT'deki Fotoelektrik Olay İle İlgili Birinci Sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar			
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	21 (52,5)	20 (50,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	0	15 (37,50)	7 (17,50)
Ara Toplam 1	0	36 (90,00)	27 (67,50)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. Modern Fiziğe Dayalı Yanıtlar	3 (7,50)	4 (10,00)	12 (30,00)
2. Klasik Fiziğe Dayalı Yanıtlar	25 (62,50)	0	0
3. Sezgisel Yanıtlar	11 (27,50)	0	0
Ara Toplam 2	39 (97,50)	4 (10,00)	12 (30,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	1 (2,50)	0	1 (2,50)
D. Yanıtsız	0	0	0
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Tablo 5.1'de görüldüğü gibi ön testte öğrencilerin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar veremedikleri görülmektedir. Ön testte öğrencilerin %62,5'i gibi büyük bir çoğunluğu klasik fiziğe dayalı yanıtlar vermiştir. Öğrenciler verilen

fiziksel durumda gördükleri elektroskop nedeni ile yük ve elektriklenme kavramları ile açıklamalar yapmaya çalışmıştır. Öğrenciler verilen durumla ilgili modern fiziğe dayalı modellere sahip olmadıklarından, zihinlerinde güçlüce kök salmış klasik fiziğe dayalı modellerini kullanmaya çalışmışlardır. Ön testte sezgisel yanıt veren öğrencilerin durumda elektriklenme konusunu kullanmanın işe yaramayacağını düşünerek olayı fizik yasalarına dayandırmadan tahminlerle açıklamaya çalıştıkları görülmüştür.

Son teste bakıldığında öğrencilerin %90'ının soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri, gecikmiş son testte ise kabul edilebilir yanıtların yüzdesinin %67,5 olduğu görülmektedir. Öğretimin ilgili bölümlerinin öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olabildiği görülmektedir. Öğretim üzerinden beş ay geçmesine ve soru değiştirilerek sorulmasına rağmen kabul edilebilir yanıtların yüzdesinin hayli yüksek olması öğrenmenin kalıcılığının da sağlanmış olduğunu göstermektedir. Son teste göre gecikmiş son testteki bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdelerindeki düşüşün nedeni olarak; aradan geçen zamanın, kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan öğrenciler üzerindeki olumsuz etkisi gösterilebilir. Tablo 5.1'e ait detaylar aşağıda başlıklar halinde verilecektir.

5.1.1.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim öncesinde uygulanan MFKT'deki birinci soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğretim öncesinde testteki birinci soruya öğrencilerin ancak %7,5'i modern fiziğe dayalı verebilmiştir. Ancak verilen yanıtlar kabul edilemez yanıtlar kategorisindedir. Modern fiziğe dayalı kabul edilemeyen yanıtlar veren öğrencilerin verdikleri yanıtlar kategorinin özelliğini ortaya koyması açısından aşağıda örneklenmiştir.

D2: Işığın şiddeti artarsa frekans sabit olduğu için metalden aynı sayıda elektron kopar ve foton saçılması olur.

D12: Frekansı fazla olan ışığın şiddeti azalır. Bu da elektron koparmaya yetmez.

Yukarıda görüldüğü gibi öğrenciler ışığın elektron koparması fikrine sahiptir ancak verdikleri yanıtlar bilimsel olarak kabul edilemez durumdadır. Modern fiziğe

dayalı yanıt veren öğrenciler ile yapılan görüşmelere ait diyaloglar aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: İlk soru için fikirlerini yeniden dinleyebilir miyim?

D2: Ben şöyle düşündüm. Galiba Einstein'ın düşüncesi vardı. Metal levhaya ışına yaptığımızda elektronların kopması şeklinde bir düşünceydi. Işığın şiddeti artırıldığında daha fazla elektron kopacağından elektroskopun yükü biraz azalır ve yaprakları biraz kapanır diye düşünüyorum. Yani yük miktarı azalmış olur.

Araştırmacı: Başlangıçta ışığın şiddetinin artması ne gibi bir sonuç doğuruyor ki elektronların azalmasına sebep oluyor?

D2: Koparma gücü daha fazla oluyor diye düşünüyorum. Şiddet arttıkça elektron koparma gücü daha fazla oluyor.

Araştırmacı: Şu an başlangıçta elektron kopuyor mu?

D2: Evet.

Araştırmacı: Koparma gücü kavramı tanımladın. Bunu biraz daha açar mısın?

D2: Fotonların elektronları koparmasıdır.

Araştırmacı: Işığın frekansını artırarak elektroskopun yükünü değiştirmek mümkün müdür?

D2: Şiddet gibi bir orantı kurabiliriz. Frekans iki desek iki elektron koparıyorken, frekansına 5 dediğimiz zaman daha fazla foton metal levhaya uğrayıp daha fazla elektron koparabilir.

Araştırmacı: Frekans azaltılırsa ne olur?

D2: Daha az elektron koparır.

Araştırmacı: Bahsettiğin elektron kopması nasıl gerçekleşiyor?

D2: Fotonun enerjisinden metaldeki elektronları etkiliyor olabilir.

Araştırmacı: Her ışıkta bu kopma gerçekleşir mi? Örneğin kırmızı ışık mavi ışık radyo dalgaları...

D2: Bence hepsinde görülür. Ama görülme derecesi farklıdır. Mor ötesi ışıkta daha fazla olur görünür ışıkta daha az olur ama tümünde olur.

Öğrenci D2 ile öğretim öncesinde yapılan görüşme diyalogları öğrencinin ışığın elektron koparması fikrine sahip olduğunu göstermiştir. Ancak öğrenci şiddetin artması ile ışığın elektron koparma gücünün artacağı, frekans artırıldığında daha fazla elektron kopacağı ayrıca tüm ışıkların elektron koparabileceği yönünde

fikirlerle sahiptir. Fikirleri modern fiziğe dayanmaktadır ancak modern fiziğe ait kavramların anlaşılmadan kullanılması söz konusu olduğundan bilimsel olarak kabul edilemez türdendir.

Öğretim öncesinde uygulanan MFKT'deki birinci soruya çalışma grubu öğrencilerinin %62,5'i klasik fiziğe dayalı yanıtlar vermişlerdir. Öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D3, D8, D30, D32, D35: Işık yüksüzdür. O nedenle şiddeti ya da frekansı elektroskopun yüküne etki etmez.

D39: Işık yükleri etkilemez.

D9: Gönderilen ışınlar eksi yüklü olduklarından geri yansımıştır. Bunun için yük miktarı değişmez.

D22: Işığın elektronlardan oluştuğunu düşünüyorum.

D23, D28, D36: Işıktan gelen elektronlar yük miktarını değiştirirler.

D28: Işıktaki fotonların yükleri de olabilir. Ortada bir yük varsa değişim olur.

D23, D24: Şiddet artarsa daha fazla foton levhaya çarpar. O da yük miktarını artırır.

D11, D20: Işık enerji olduğu için tanecikleri hareketlendirecektir.

Öğrencilerin yanıtlarına bakıldığında daha çok elektroskopun yükünün değişmesi konusunda elektriklenmeye dayalı fikirleri kullandıkları görülmektedir. Örneğin ışığın içinde elektronların olabileceğini bu şekilde levhanın yükünün değişebileceğini düşünmektedirler. Klasik fiziğe dayalı yanıtlar veren bu öğrenciler ile yapılan ön görüşme diyalogları aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: İlk soruya bakalım. Işığın şiddetini artırarak bu elektroskoptaki yük miktarını değiştirebilir miyiz?

D22: Işığın elektronlardan oluştuğunu düşünüyorum. Işık şiddetini artırdığımızda yükü artırayabileceğimizi düşünüyorum. Işığın elektronlardan oluştuğunu düşünüyorum.

Araştırmacı: Frekansı artırarak elektroskopun yük miktarı değiştirilebilir mi?

D22: Aslında bu da olabilir. Frekans... Aynı şeye varyormuş gibi. Daha sık gönderirsek daha fazla elektron demektir o yüzden yük miktarı değiştirilebilir.

Araştırmacı: Başka bir metal levha kullanarak elektroskop yüksüz hale gelebilir mi?

D22: Ametal olursa olabilir. Biri + olacak biri - olacak.

Araştırmacı: Yani ametal elektronu isteyecek. Işıktaki elektronlar ametalin yörüngelerini mi dolduracak diye mi düşünüyorsun.

D22: Evet. Öyle düşünüyorum.

Öğrenci D22 görüşme diyaloglarında görüldüğü gibi ışığın elektronlardan oluştuğunu, bu elektronların da elektroskopun yükünü artırabileceğini düşünmektedir. Ametalin elektron olarak nötr hale geçebileceğini belirten bu öğrenci elektroskopun yükünün yalnızca elektriklenme yolu ile değişebileceğini düşünmektedir.

Araştırmacı: İlk soruya bakalım. Işığın şiddetini artırarak bu elektroskoptaki yük miktarını değiştirebilir miyiz?

D23: Işıқта fotonlar vardı. Enerji tanecikleri. Bunlar eksi yüklü diye hatırlıyorum. Yanlış hatırlamıyorsam. Eğer şiddet artarsa bu eksi yüklerin yani fotonların enerjilerini de artırırız. Bu yüzden de yükünü artırabiliriz.

Araştırmacı: Işığın tanecikleri olduğunu söyledin. Nedir bunlar?

D23: Foton. Işığın şiddetini artırdığımızda foton sayısı da artar. Bu yüzden de yük miktarını değiştirebiliriz.

Araştırmacı: Işığın frekansını artırarak elektroskopun yük miktarını değiştirmek mümkün müdür?

D23: Işığın frekansını artırırsak birim zamanda daha fazla foton göndermiş oluruz o yüzden yine artırırız.

Araştırmacı: Frekansın artması ne demektir?

D23: Enerjinin fotonların daha sık gitmesi. O nedenle aslında değişiklik yapmayabilir. Aslında bence sadece şiddet yükü değiştirir.

Araştırmacı: Yanıtına baktığımızda frekansın artması daha fazla elektron gelmesi demektir o nedenle yük değişir demişsin. Burada bir çelişki var.

D23: Evet. Ama bence elektroskopun yükünü yalnız şiddet etkiler.

Öğrenci D23 de tıpkı öğrenci D22 gibi ışığın foton denilen eksi yüklü parçacıklardan oluştuğunu iddia etmektedir. Ayrıca ışığın şiddeti ve frekansı konusunda bilimsel olarak kabul edilemeyen fikirlere sahiptir.

Öğretim öncesinde çalışma grubu öğrencilerinin %27,5'i sezgisel yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrencilerin klasik fiziğe dayalı zihinsel modellerini soruda verilen fiziksel duruma uygun bulmadıkları, ayrıca modern fiziğe dayalı modellere de sahip olmadıkları anlaşılmaktadır. Bu nedenle öğrenciler klasik ya da modern fiziğe dayalı olmayan daha çok tahminlerine dayanan yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D1: Elektronlar dirence gelince ışık yayarlar. O halde ışık da elektronu etkileyebilir. Yapraklar açılır.

D18: Işığın frekansı artırılarak elektroskoptaki yük miktarı artırılabilir.

Öğrencilerin genelde klasik fizik çerçevesinde ancak tahminlere dayalı yanıtlar verdikleri görülmektedir. Öğrencilerden D1 ile araştırmacı arasında geçen ön görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Eksi yüklü bir metal levha elektroskoba bağlanmıştı. Elektroskoba tek renkli ışık düşürülüyor. Her hangi bir değişiklik olmuyor. (a) bölümünde ışığın şiddetini artırarak elektroskobun yükünü değiştirip değiştiremeyeceğimizi sorduk.

D1: Elektrik devresinde yükler eksiden artıya gidiyordu. Negatif bir şeydi. Akım artıdan eksiyeydi. Eğer devrede ışık oluşuyorsa, ışıkta elektronlar vardır diye düşünmüştüm. Yani negatif yüklü bir levhaya negatif yüklü ışık gelirse, elektron yüküde fazla gelir açılır diye düşündüm.

Araştırmacı: (b) bölümünde ışığın frekansını artırarak yük miktarını değiştirmek mümkün müdür?

D1: Frekansın artması ile bence şiddetin artması aynı şey. Gelen elektronların sayısı artınca elektroskobun yükü artar diye düşündüm.

Araştırmacı: (c) Metal levhanın cinsi değiştirilirse elektroskobun yükü değiştirilebilir mi?

D1: Metalin cinsi değişince iletkenlik değişir. Işığın taşıdığı elektronların metale geçme düzeyi değişir.

Araştırmacı: Cevabında elektroskop yüksüz hale gelebilir demişsin. Bu durumda bir çelişki oluşuyor.

D1: Ha. Tamam. Levha çok iyi iletiyorsa elektronların hepsini alır gibi düşünmüştüm...

Araştırmacı: Söylediklerinden ne kadar eminsin.

D1: Çok değil.

Öğrenci D1'in ön teste verdiği "elektronlar dirence gelince ışık yayar, o halde ışık da elektronu etkileyebilir" şeklindeki yanıt sezgisel olarak kodlanmışken, ön görüşmede verdiği yanıtlar klasik fiziğe dayalı olarak kodlanmıştır. Öğrenci ön görüşmede ışığın elektron taşıdığını ileri sürmektedir. Oysa ki; testteki yanıtından kendisinin "direncin akım geçtiğinde ışık vermesi" ile "ışığın yükü etkilemesi" arasında sezgisel bir bağ kurduğu anlaşılmaktadır. Ön testte öğrencilerin %2,5'i birinci soruya "levha ile elektroskop arasındaki yük alışverişi ışık ile dengelenir" şeklinde kodlanamaz yanıt vermiştir.

5.1.1.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Tablo 5.1'de görüldüğü gibi öğretim sonunda uygulanan son teste öğrencilerin %52,5'i soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrenciler ile yapılan son görüşmelerde kullanılan görüşme formundaki ilk soru Şekil 5.2'de görülmektedir.

Tam doğru yanıt veren öğrenciler ile Şekil 5.2'de görülen soru yöneltilecek yapılan görüşmelere ait diyaloglar aşağıda örneklenmiştir. Sorunun alt soruları fazla olduğundan diyalogların araştırmacılara göre önemli olan kısımları aktarılmaya çalışılmıştır.

Araştırmacı: İlk soruda bir fotosel görülmektedir. $hc=12000 eV.A^{\circ}$ ve ışığın dalgaboyu $\lambda=6000 A^{\circ}$ değerleri için aşağıdaki soruları yanıtlayalım.

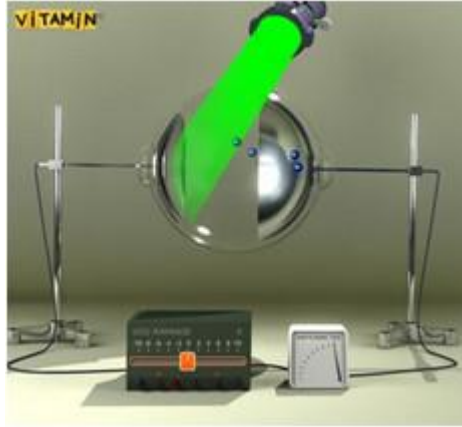
D2: Foton enerjisi $2eV$ olarak hesaplanır. Bağlanma enerjisi $4 eV$ olduğundan dolayı ampermetre sıfır olur diyebiliriz. Ampermetreden akım geçmez çünkü hiç bir elektronu koparamaz.

Araştırmacı: b bölümüne bakalım.

D2: Aynı koşullarda ışığın şiddeti artarsa ampermetrenin göstereceği değer için değişmez diyebiliriz. Enerji elektron koparacak düzeyde değil. Akım yine oluşmaz yine sıfır olur.

D2: Bağlanma enerjisi $1,5 eV$ olursa bu kez gelen foton enerjisi yeterli olur $0,5 eV$ enerji ile elektronlar anottan katoda ulaşır. Akım oluşur.

D2: Bağlanma enerjisi 1 eV olursa akım bir öncekine göre artar.



Şekilde $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ dalga boylu ışık metal levha üzerine düşürülüyor. Metalin bağlanma enerjisi $E_b = 4 \text{ eV}$ ve $hc = 12000 \text{ eV \AA}$ olduğuna göre;

- Devredeki ampermetrenin göstereceği değer için ne söylersiniz?
- Aynı koşullarda ışığın şiddeti artırılırsa ampermetrenin değeri için ne söylenir?
- Bağlanma enerjisi $E_b = 1,5 \text{ eV}$ olan bir metal kullanırsa ne değişir?
- Bağlanma enerjisi $E_b = 1 \text{ eV}$ olan bir metal kullanılırsa ne değişir?
- Bağlanma enerjisinin yine $E_b = 2 \text{ eV}$ olduğunu düşünerek, levha üzerine dalga boyu $\lambda = 3000 \text{ \AA}$ olan ışık düşürüldüğünde ampermetrenin gösterdiği değer için ne söylenebilirsiniz?
- Fotoelektrik olan sizce hangi yönü ile modern fizik ünitesi içinde işlenmiştir? Olay klasik fizikle açıklanabilir mi? Neden?

Şekil 5.2: Son görüşme formundaki fotoelektrik olayla ilgili birinci soru.

Öğrenci D2 ön testte, soruya kısmen doğru yanıt vermiştir. Kendisi ile yapılan öğretim öncesi görüşme, modern fizik kavramlarına yönelik bilimsel olarak kabul edilebilir bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını göstermiştir. Öğrenci son teste ve ardından yapılan son görüşmeye verdiği yanıtlar ile bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir.

Araştırmacı: İlk soruda bir fotosel görülmektedir. $hc = 12000 \text{ eV \AA}$ ve ışığın dalgaboyu $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ değerleri için aşağıdaki soruları yanıtlayalım.

D23: Ampermetrede akım oluşması için fotoelektrik olayın gerçekleşmesi gerekir. Burada gönderdiğimiz ışığın enerjisi 2 eV olur. Bağlanma enerjisi metalin 4 eV imiş. Fotoelektrik olay gerçekleşmez akım oluşmaz.

D23: Hocam b'de de şiddeti artırmak foton sayısını artırır foton enerjisini artırmaz. Fotoelektrik olayın gerçekleşmesi için foton enerjisini artırmak gerekir. Yani b de yine akım oluşmaz.

Ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenci D23 fotoelektrik olaya ait fikirlerini bilimsel görüşe doğru değiştirmiştir. Kendisi son görüşme formundaki ilgili sorunun kalan bölümlerini de tam doğru olarak ayrıca belirgin olarak gösterdiği kendinden emin tavırları ile yanıtlamış ve güçlü bir kavramsal değişimi gerçekleştirdiğini ortaya koymuştur.

Öğretim sonrasında uygulanan son teste çalışma grubu öğrencilerinin %37,5'i kısmen doğru yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D12: 1.a: Hayır. Aynı frekanstaki ışığın şiddeti artsa bile elektron koparmaz.

1.b: Evet daha yüksek frekanslı ışık elektron koparabilir.

1.c: Evet daha az negatif yüklü bir levha belkide yüksüz hale getirebilir.

Öğrenci D12 sorunun a ve b bölümlerine tam doğru yanıt verirken, sorunun c bölümüne doğru yanıt verememiştir. Öğrencinin c bölümünde bağlanma enerjisi kavramıyla açıklama yapması gerekmektedir. Kendisi ile gerçekleştirilen son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk soruda bir fotosel görülmektedir. $hc=12000 \text{ eV} \cdot \text{Å}$ ve ışığın dalgaboyu $\lambda=6000 \text{ Å}$ değerleri için aşağıdaki soruları yanıtlayalım.

D12: Foton enerjisi 2 eV çıkar. Bağlanma enerjisi 4 eV . Bence sıfır amperdir.

Araştırmacı: Akım oluşmaz diyorsun.

D12: Evet akım oluşmaz.

D12: Şiddetin artması birşeyi değiştirmez. Ancak elektron kopuyorsa akımı artırabilir. a bölümünde oluşmuyorsa burada da oluşmaz.

D12: Bağlanma enerjisi $1,5 \text{ eV}$ olursa, $0,5 \text{ eV}$ enerjili bir akım oluşur.

D12: Bağlanma enerjisi 1 eV olursa geriye 1 eV kalır. Akım oluşur.

Araştırmacı: Foton enerjisini 4 eV hesapladın. Bağlanma enerjisi 2 eV ise bir foton gelip iki elektronu koparabilir mi?

D12: Hayır öyle bir şey olamaz. Bir foton bir elektronu koparır.

Görüşme diyalogları öğrenci D12'nin son testte kısmen doğru yanıt verse de fikirlerinin bilimsel görüşle bire bir uyumlu bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Öğrenci görüşmede bağlanma enerjisi ile ilgili fikirlerinin de bilimsel görüşle birebir uyumlu olduğunu göstermiştir.

Ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenci D22'ye ait son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk soruda bir fotosel görülmektedir. $hc=12000 \text{ eV}\cdot\text{Å}$ ve ışığın dalgaboyu $\lambda=6000 \text{ Å}$ değerleri için aşağıdaki soruları yanıtlayalım.

D22: Elektron koparabilmesi için belirli bir enerjiye gelmesi lazım. Ancak foton enerjisi 2 eV çıkıyor. Bağlanma enerjisini geçemediği için elektron koparamaz.

Araştırmacı: Şartlar değişmeden ışığın şiddeti artarsa ampermetrede akım ölçülebilir mi?

D22: Işığın şiddeti ne kadar artırılabilir bilemiyorum ama ampermetre yine değer göstermez gibi geliyor. Bağlanma enerjisi geçilmediği için her hangi bir etki yapmaz elektron koparılmaz yani. Işığın şiddeti ne kadar artırılır bilemiyorum.

Araştırmacı: Akım oluşup oluşmayacağı konusunda bir şey söylemedin.

D22: Akım oluşmaz. Oluşmaz evet.

Araştırmacı: Tekrar toparlayabilir misin?

D22: Işığın şiddeti etkili değil frekans etkili. Işığın şiddeti etkili. Tamam hocam ben karar verdim. Işığın şiddetini artırarak akım oluşturabiliriz.

Öğrenci D22 kendisi ile yapılan son görüşmede başlangıçta bilimsel görüşle uyum içinde gözükse de araştırmacının sonda sorusu karşısında şiddet ve frekans arasında karışıklık yaşamıştır. Başlangıçta elektron koparamayan ışığın şiddeti artırıldığından elektronun kopabileceğini böylelikle akımın oluşabileceğini belirtmiştir.

Son testte çalışma grubu öğrencilerinin %10'u birinci soruya modern fiziğe dayalı ancak bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar vermişlerdir.

D19: 1.a:Şiddet artarsa daha fazla elektron kopar ve levhanın yükü değişir.

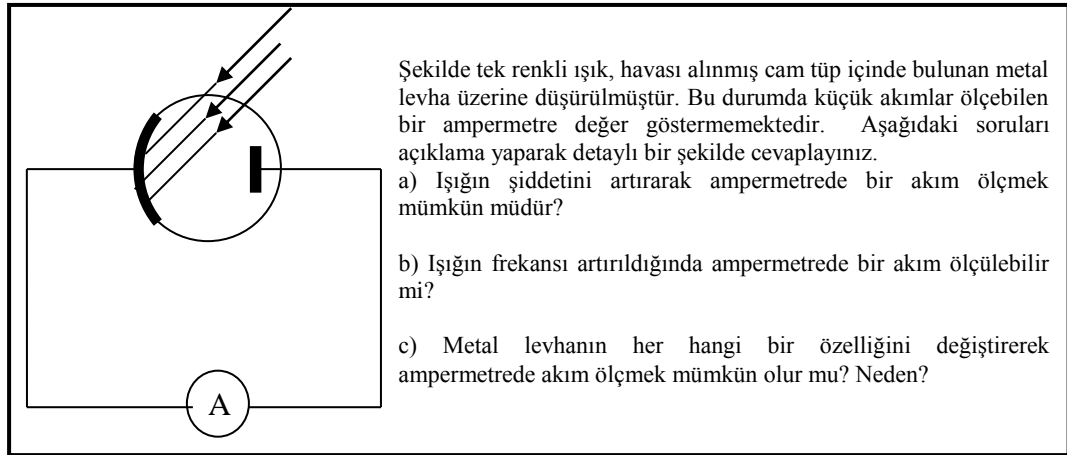
1.b:Frekansı artırmak elektronun hızını artırır. Ondan dolayı mümkün değildir.

D40: 1.b: Mümkin değildir. Çünkü fotoelektrik olayın bağlaması (öğrenci bu ifadesinde bağlanma enerjisini kast etmektedir.) için ışığın belirli bir şiddette olması gerekir.

İlgili öğrencilerin yanıtları kategorinin özelliğini göstermesi bakımından yukarıda örneklenmiştir. Öğrenciler modern fizik kavramlarını kullanmaktadırlar ancak fiziksel duruma ilişkin bilimsel bir kavramsal anlamaya sahip değildirler.

5.1.1.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Gecikmiş son testte MFKT'deki Fotoelektrik Olay ile ilgili 1.soru aynı kazanımı ölçecek şekilde ancak değişik bir fiziksel durum ile sorulmuştur. Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT'deki 1.soru Şekil 5.3'de görülmektedir.



Şekil 5.3: Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT'deki 1.soru.

Öğrencilerin yanıtlarının tam doğru olarak kodlanabilmesi için şiddetin artması ile akım ölçülemeyeceği, frekansın artması ile foton enerjisinin artıp fotoelektrik olayın gerçekleşeceği yönünde açıklamalar yapmaları gereklidir. Sorunun (c) bölümünde ise metalin bağlanma enerjisinin değişmesinin fotoelektrik olaya neden olarak akım oluşturabileceğini belirtmeleri gerekmektedir.

Gecikmiş son testte çalışma grubu öğrencilerinin %50'si fotoelektrik olay ilgili soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerle yapılan görüşmeler aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: İlk soruda bir fotosel görülmektedir. $hc=12000 \text{ eV} \cdot \text{Å}$ ve ışığın dalgaboyu $\lambda=6000 \text{ Å}$ değerleri için aşağıdaki soruları yanıtlayalım.

D12: Işığın frekansı ya da dalgaboyu o metalden elektron koparmaya yetecek büyüklükte değilse şiddetini ne kadar artırırsak artıralım oradan bir elektron koparamayız ve doğal olarak bir elektrik akımı oluşmaz demiştin ben daha önceden. Şu anda da halen aynı fikrimi savunuyorum.

Araştırmacı: b bölümüne ne demiştin?

D12: Gerekli frekansa ulaşırsa akım oluşabilir. Halen de fikrimi savunuyorum.

Araştırmacı: c de? Kendinden eminsin.

D12: Elektron koparabiliriz. Elektron koparması daha kolay bir metal kullanırsak elektron koparabiliriz.

Araştırmacı: Işığın elektron koparması gibi bir durumdan bahsediyorsun. Nedir bu olay?

D12: Bu olay fotoelektrik olaydır.

Araştırmacı: Ön testten gecikmiş teste ilk soruya verdiğin yanıtlara baktığımda ciddi bir değişiklik var. Nedir bu değişimin nedeni?

D12: Ben öğretimden önce kendi hayal gücümle soruyu yanıtlamıştım. Günlük hayattaki büyük kütleli cisimleri düşünerek cevaplamıştım. Oysa elektron proton gibi maddelerin çok küçük ve kütlelerinin küçük olmasından dolayı enerjiye verdiği tepkilerin farklı olduğunu öğrendim.

Araştırmacı: Öğretimden önce elektron kopması gibi bir fikir var mıydı?

D12: Hayır yoktu.

Araştırmacı: Öğretim aşamalarında sunulan bir materyalin sende hoşnutsuzluk yarattığı oldu mu?

D12: Elektron koparabileceğini ben düşünmüyordum. Daha doğrusu ışığın bir madde gibi davranabileceğini düşünmüyordum.

Araştırmacı: Sana sunulan materyalin sende hoşnutsuzluk yarattığı anı hatırlıyor musun?

D12: Üzerinden baya zaman geçti. Ancak ışığın madde gibi davrandığı durumda hoşnutsuzluk yaşadım.

Araştırmacı: Hoşnutsuzluk yaşadığında ne yapmak istedin? Bir kaygı duydun mu, yoksa bir an önce öğrenmek mi istedin?

D12: İlk olarak öğrendiğimden sonra arkadaşlarla tartıştık benden daha önce kavrayanların söyledikleri çok mantıklı gelmedi. Araya bazı dersler girdi bende

beynimin köşelerine atmıştım. Ancak ilerleyen derslerdeki etkinlikler ile hoşnutsuzluğumu giderdim.

Son testte kısmen doğru yanıt ve son görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci D12 gecikmiş son test ve gecikmiş son görüşmede de bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir.

Araştırmacı: İlk soruyu okuyup a bölümünü yanıtlayalım.

D2: Tam hatırlamasam da verdiğim yanıtlar vereceklerimle paralel olur. Birinci soruda frekansı değerinde ampermetre akım göstermiyorsa şiddetin artırması birşeyi değiştirmez akım ölçülmez.

Araştırmacı: b bölümünde ne söylemiştin?

D2: Frekans artırıldığında akım ölçülebilir. Enerjisi yeterli gelip elektronları koparabilir. Akım değeri gösterebilir.

Araştırmacı: Ön teste baktığımızda senin zaten fikirlerin aşağı yukarı değişmemiş diyebiliriz. sadece c bölümünde ciddi bir değişiklik yaşamışsın. Ön testte elektron koparır ve foton saçılması olur demişsin. Elektron kopması fikrin var senin.

D2: Doğru söylemişim ama yanlış devam etmişim.

Araştırmacı: Özellikle c bölümünde ciddi bir değişiklik var. Şu anda bağlanma enerjisi diye bir şeyden bahsediyorsun ama ön testte böyle bir fikrin yok. Nedir sendeki bu değişikliğin nedeni?

D2: Bence yaptığımız öğretim uygulamaları. Bu kavramı bende oturttu. İnanırcılığı da yüksek oldu.

Araştırmacı: Sizlere hoşnutsuzluk yaratan durumlardan size sunumlar yapmıştım. Örneğin bir ışık düştüğünde yüklü elektroskopun yaprakları kapanmıştı. Bu olaylar ile karşılaştığında ne hissettiğini merak ediyorum. Bu dengesizlik sana ne hissettirdi, hissettiğin şey bir kaygı ve endişemiydi, yoksa bu dengesizlik sende yeni bir öğrenme sürecinin başlangıcı olup seni bir çabaya mı itti.

D2: Başta yeni bilgiyi yadırgama olarak ortaya çıktı. Ne kadar doğru olduğunu bilsem de sonuçta kitaplarda geçtiğine göre kesin doğru ama mantıklı gelmediğinden dolayı bilgiyi kendimce yanlışlama gibi bir şey başladı. Kendim bir çabaya girerek doğruluğuna inandırmaya çalıştım kendimi ama daha sonra doğru olduğunu anladım.

Araştırmacı: Öğretim aşamalarının sana bu konuda yardımcı olduğunu düşünüyor musun?

D2: Evet.

Öğrenci D2' nin tıpkı son test ve son görüşme de olduğu gibi gecikmiş son test ve görüşmede de bilimsel görüşle tam uyumlu bir kavramsal anlamaya sahip olduğu görülmüştür. Öğrenci hoşnutsuzluk yaratan durumlarla karşılaşma anını yeni bilgiyi yadırgama olarak tanımlamıştır. Yeni bilgiyi kendince yanlışladığını ancak daha sonra bilimsel bilgiye ulaştığını ifade etmiştir.

Gecikmiş son testte çalışma grubu öğrencilerinin %17,5'i soruya kısmen doğru, %30'u da modern fiziğe dayalı kabul edilemez yanıtlar vermiştir. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D15: 1.b: Mümkün değildir. Frekansı artırmak metal levha üzerinde bir etki yapmaz. Ampermetre akım göstermez.

D16: 1.a: Işığın şiddeti artırıldığında kopan elektron sayısı artar ampermetrenin gösterdiği değer artar.

D19: 1.a: Mümkündür. Işık levhadan elektron koparmaya başlar.

D30: 1.b: Frekansın artırılması elektronların enerjisini yani hızını artırır. Bu yüzden akım oluşmaz.

D34: 1.c: Metalin iletkenlik katsayısı değiştirilirse mümkün olabilir.

Öğrencilerin yanıtları onların şiddet ve frekans kavramlarını karıştırdıklarını ayrıca fotoelektrik olayla ilişkilendirme noktasında sorun yaşadıklarını göstermiştir.

5.1.1.4 Tartışma

Öğretim öncesinde uygulanan ön testte modern fizik mantığına dayanan ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar veren öğrencilerle gerçekleştirilen görüşmeler öğrencilerin ışığın elektron koparması fikrine sahip olduklarını ancak bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Öğrencilerin, 10.sınıf kimya dersi, Atomun Yapısı ünitesinde ışığın dalga ve tanecik

modeli ile açıklanan olaylara yönelik öğretime katıldıklarından dolayı ışığın elektron koparması fikrine sahip oldukları anlaşılmıştır. Bu noktada öğrencilerin diğer derslerde öğrendiklerini fizik dersine transfer ettikleri, bilmedikleri fizik konularını anlamada bunları bir sıçrama taşı olarak kullandıkları ortaya çıkmaktadır. Öğretmenlerin derse hazırlanırken öğrencilerin diğer ön bilgilerini yoklamaları gerekmektedir. Araştırmada kullanılan öğretim modelinde ön bilgilerin ortaya çıkarılması aşaması bu bağlamda dikkat çekmektedir.

Ön testte çalışma grubu öğrencilerinin büyük çoğunluğu (%62,5) klasik fiziğe dayalı yanıtlar vermişlerdir. Klasik fiziğe dayalı yanıtlar incelendiğinde iki grupta toplandıkları görülmüştür. Birinci gruptaki öğrenciler, ışığın eksi yüklü olduğunu o nedenle eksi yüklü levhanın yükünü değiştirebileceğini düşünmektedirler. İkinci gruptaki öğrenciler, ışığın yüksüz olduğunu o nedenle yüklü elektroskopa etki etmesinin mümkün olmadığını düşünmektedir. Bu kategorideki öğrenciler iki gruba ayrılmış olsalar da birleştikleri bir nokta vardır ki o da her iki gruptaki öğrencilerin elektroskopun yükünün değişmesinin ancak yükü mümkün olacağını düşünmeleridir. Öğrencilerin, verilen fiziksel durumu statik elektrik bilgileri ile açıklamaya çalıştıkları görülmüştür.

Ön testte çalışma grubu öğrencilerinin önemli bir çoğunluğu (%27,5) soruya sezgisel yanıt vermiştir. Öğrenciler "elektronlar direncin ışık yaymasına neden oluyorsa ışık da elektronları etkileyebilir" açıklamasına benzer fikirler öne sürmüşlerdir. Bu türden yanıtlar genelde bir yasaya kuvvetlice dayanmayan tahminler şeklindedir.

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %52,5'i tam doğru, %37,5'i kısmi olmak üzere toplam %90'ı soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Öğretimin, öğrencilerin modern fizik kavramlarına yönelik fikirlerindeki bilimsel bilgiye doğru değişimde onlara yardımcı olabildiği görülmektedir. Son testte çalışma grubu öğrencilerinin %10'u modern fiziğe dayalı ancak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrenciler genellikle ışığın şiddeti ile frekansı arasında karmaşa yaşamakta ya da bu kavramların fotoelektrik olay deneyinde kullanılması konusunda zorluk çekmektedirler. Ayrıca detaylı açıklama yapamayacağını düşünen öğrenciler kısa kestirmeler yapmışlardır. Örneğin

fotoelektrik olaya ilişkin sorunun a bölümü için "şiddet artarsa kopan elektron sayısı artar" şeklinde yanıtlar alınmıştır. Oysa soruda henüz kopan elektron bulunmamaktadır. Zayıf kavramsal değişim yaşayan öğrencilerin yaptıkları bu kısa kestirmeler alan yazınla uyum içindedir. Bu durum sonuç ve öneriler bölümünde ayrıca tartışılacaktır.

Gecikmiş son teste öğrencilerin %50'si tam doğru, %17,5'i kısmi olmak üzere toplam %67,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Tam doğru yanıtlar bakımından son test ve gecikmiş son test arasında önemli bir değişiklik olmamıştır. Ayrıca daha önce aktarılan D2 ve D12 öğrencilerine ait görüşme diyalogları, uygulanan öğretimin kavramsal değişimin gücünü artırdığını o nedenle bilginin kalıcılığını da sağladığını göstermektedir. Kısmen doğru yanıtlar kategorisine bakıldığında, son testten (%37,5), gecikmiş son testte (%17,5) doğru bir azalma yaşandığı görülmektedir. Bu durumun nedeni olarak öğretimin üzerinden geçen zamanın kavramsal değişimin zayıf olarak gerçekleştiği öğrencilerdeki olumsuz yansıması olarak gösterilebilir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %30'u modern fiziğe dayalı ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Son testte olduğu gibi gecikmiş son testteki yanıtlar, daha çok şiddet ve frekans kavramlarının birbirine karıştırıldığı açıklamalar içerdiğinden dolayı kabul edilemez türdendir.

Kavramsal değişimi daha detaylı incelemek amacı ile oluşturulan bireysel gelişim tablosu aşağıda verilmiştir. Tablo 5.2 görüşme yapılan 14 öğrencinin MFKT ve görüşmelerde verdikleri yanıtlarındaki değişimi sergilemektedir.

Araştırma bulguları bazı öğrencilerin MFKT'ye verdikleri yanıtlar ile testin uygulanmasından sonra gerçekleştirilen görüşmelerde verilen yanıtların farklı kategorilerde yer aldığını göstermektedir. O nedenle durumu derinlemesine betimleyeceği düşünülen bireysel gelişim tabloları oluşturulmuştur.

Örneğin Tablo 5.2' de görülen öğrenci D4 ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt verirken, kendisi ile gerçekleştirilen görüşmede modern fiziğe dayalı yanıt vermiştir.

Öğrencinin testin uygulanmasından sonra kimya dersi atomun yapısı ünitesinde öğrendiği bilgilerini gözden geçirerek görüşmeye katıldığı görülmüştür.

Tablo 5.2: Görüşme yapılan öğrencilerin fotoelektrik olay ile ilgili birinci sorudaki bireysel gelişimi.

	ÖN		SON		GECİKMIŞ SON	
KATEGORİ	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D1,D2,D4, D9,D16, D21,D23	D1, D2, D4 D9, D12, D20 D21, D23,D24 D25,D31	D1, D2, D4 D9, D12, D21, D23, D24, D31	D1, D2, D4 D9, D12,D21 D23, D24, D25,D26,D31
A.2		D12	D12, D20, D22, D24, D25, D26 D31	D16, D26		D22
B.1	D2, D12 D24	D2, D4, D21,		D22	D16, D20 D22, D25, D26	D16, D20
B.2	D4,D9, D16 D20,D21,D22 D23,D25, D26, D31	D1, D9, D16,D20,D22 D23, D24 D25, D26 D31				
B.3	D1					

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim

Benzer şekilde öğrenci D22 son testte kısmen doğru yanıt vermiş olsa da son görüşme kendisinin kavram yanlışlarına sahip olduğunu göstermiştir. Tablo 6.2 de görülebileceği gibi gecikmiş son testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez yanıt veren D22, kendisi ile gerçekleştirilen gecikmiş son görüşmede kısmen doğru yanıt vermiştir. D22 ile gerçekleştirilen gecikmiş son görüşmeye ait bir diyalog aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: a bölümde şiddeti artırarak ampermetrede akım ölçmek mümkün müdür diye sorduğumuzda evet ampermetrede akım ölçülür demişsin. Şimdi söylediğinle testte söylediğin farklı.

D22: Gittiğimde baktım hocam

Araştırmacı: Peki bu karmaşayı yaşamamanın sebebi nedir?

D22: Şiddet ve frekansı hep karıştırıyorum hocam. Kimya dersinde şiddet ve frekans farklı bir şekilde öğretildi. Tek sebep kimya dersinin eksik anlatılmasıydı. Herkes nasılsa fizikte öğreneceksiniz dedi.

Araştırmacı: Anlamalarına detaylarına girilmedi mi?

D22: O aklımda kaldığı için sizin anlattıklarınız etkili olmadı.

Araştırmacı: Başlangıçta yalnız bizim dersimizi dinleseydin böyle bir sorun yaşamayacak mıydın?

D22: Evet yaşamayacaktım.

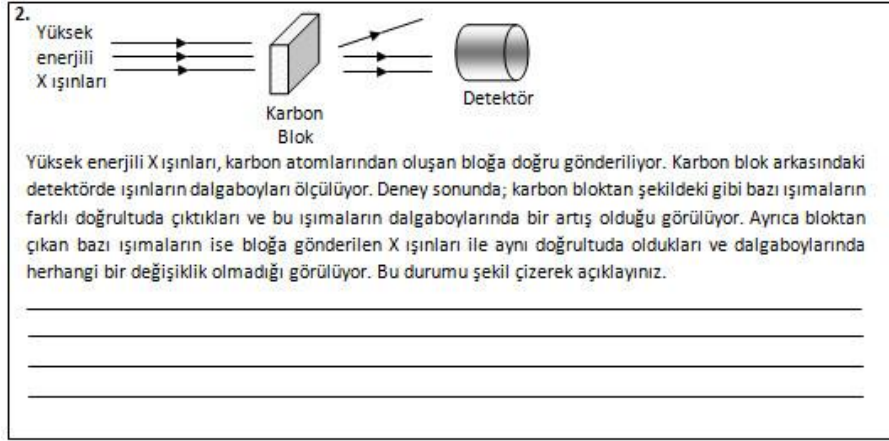
Öğrenci, zihndeki kavramın kendine göre açıklamasını yapabilmekte ve yeni kavrama direnç göstermektedir. Öğretim sonunda bilimsel bilgi ile ön kavramları öğrencinin zihninde birlikte bulunmaktadır. Bu durum sonuç ve öneriler kısmında detaylı tartışılacaktır.

Görüşme yapılan öğrencilerin kavramsal değişimleri Tablo 6.2'ye dayalı olarak incelenirse, son testte on dört öğrencinin tamamının, son görüşmede ise on dört öğrencinin on üçünün soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt verdiği görülmüştür. Bu durum, öğretimin öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasındaki başarısını ortaya koymuştur. Gecikmiş son testte öğrencilerin verdiği yanıtlarda kavramsal düzeyde bir düşüş yaşanmıştır. On dört öğrencinin dokuzu kabul edilebilir yanıt vermiştir. Ancak bu durum değerlendirilirken sorunun bağlamının değiştirilmesi, öğrencilerin gecikmiş son görüşmede yanıtlarını düzeltmeleri noktaları da göz önüne alınmalıdır. Gecikmiş son görüşmede on dört öğrencinin on ikisi bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir ki bu on iki öğrencinin on biri de tam doğru yanıt vermiştir. Bu durum da uygulanan öğretimin kavramsal değişimi ne kadar güçlü olarak gerçekleştirdiğini açıkça ortaya koymuştur.

5.1.2 MFKT'deki Compton Olayı ile İlgili İkinci Soruya İlişkin Bulgular

MFKT'de yer alan Compton Olayı ile ilgili ikinci soru aşağıda görülmektedir. Compton Olayına ilişkin bilimsel açıklama ile Ortaöğretim 11. Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programının açıklaması arasında bir fark bulunmaktadır. Wichmann (2010) “Kuantum Fiziği, Berkeley Fizik Dersleri” adlı kitabında Compton Olayını; gelen

fotonun atom tarafından soğrulduğu böylelikle elektronun kopmasını sağladığı, elektron koptuktan sonra uyarılmış durumdaki atomun ise tekrar foton yayınladığı belirtilmektedir. Ortaöğretim 11. Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programında ise Compton Olayı; fotonların elektronlar tarafından saçılması şeklinde tanımlanmakta, gelen foton ile saçılan fotonun aynı olduğu vurgusu yapılmaktadır. Ayrıca Milli Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim 11. Sınıf Fizik Ders Kitabında serbest bir elektronla fotonun etkileştiği ve saçıldığı belirtilmektedir. Milli Eğitim Bakanlığının resmi internet sitesinde yer alan ders notlarında, Compton Olayı ile ilgili iki farklı görüş olduğu, ancak Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezinin fotonların soğrulmadan elektronlar tarafından saçılması yönündeki görüşü kabul ettiği belirtilmektedir. Bilimsel görüş ile öğretim programı arasındaki uyumsuzluğun çözümü ayrı bir konu olmakla birlikte, ortaöğretim düzeyinde bilimsel görüşün öğretiminin yapılması oldukça güç gözükmektedir. Bunun nedeni olarak öğrencilerin henüz atomun foton soğurması fikrine sahip olmadıkları gösterilebilir. Olası başka bir güçlük de öğrencilerin bilimsel açıklamayı kullandıklarında gerek sınavlarda, gerekse lisans öğrenimleri için girmeleri gereken üniversite sınavlarında sorun yaşayabilecek olmalarıdır. Ancak Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yayınlanan programdaki Compton Olayına yönelik açıklamanın da bilimsel olmadığı bir gerçektir. Belirtilen nedenlerden dolayı bu araştırmada yapılan öğretimde, gelen fotonun atom ile etkileşiminin nasıl olduğunu üzerinde durulmamış, gelen fotonun, bir saçılan foton ve elektron oluşturduğu, olayda momentumun ve enerjinin korunduğu ayrıca olayın ancak ışığın tanecik modeli ile açıklanabildiği gibi noktalar üzerinde durulmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak; öğrencilerin yanıtlarının tam doğru olarak kodlanabilmesi için; Compton olayı gereği, X ışınlarının atomla etkileşerek elektronun saçılmasını sağladıkları, enerjinin korunumuna göre saçılan fotonun enerjisinin gelen fotona göre azaldığı böylelikle de dalgaboylarının arttığını vurgulamaları gerekmektedir. Öğrencilerden, doğrultuları değişmeyen X ışınlarının ise herhangi bir etkileşime girmeden yollarına devam ettikleri, böylelikle dalgaboylarında değişiklik olmayacağı yönünde yanıtlar beklenmektedir. Ayrıca öğrencilerin olayda enerjinin ve momentumun korunduğuna yönelik ifadeleri de kullanmaları gerekmektedir.



Şekil 5.4: MFKT'deki Compton Olayı ile ilgili ikinci soru.

Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki ikinci soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.3 oluşturulmuştur. Tablo 5.3'e bakıldığında öğrencilerin ön testte verdiği yanıtların, özellikle klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıtlar kategorilerinde toplandıkları görülmektedir. Öğrencilerin klasik fiziğe dayalı yanıt vermelerine neden olarak zihinlerindeki sıklıkla kullandıkları ve derin köklere sahip yapılar gerekçe gösterilebilir. Bu gruptaki öğrencilerde kullanabilecekleri modern fiziğe dayalı modeller olmadığından dolayı verilen durumu sıklıkla klasik fiziğe dayalı modelleri ile açıklamaya çalışmaktadırlar.

Tablo 5.3: MFKT'deki Compton Olayı İle İlgili İkinci Sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş Son Test n (%)
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	16 (40,00)	21 (52,50)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	3 (7,50)	11 (27,50)	8 (20,00)
Ara Toplam 1	3 (7,50)	27 (67,50)	29 (72,50)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. Modern Fiziğe Dayalı Yanıtlar	4 (10,00)	13 (32,50)	5 (12,50)
2. Klasik Fiziğe Dayalı Yanıtlar	11 (27,50)	0	1 (2,50)
3. Sezgisel Yanıtlar	12 (30,00)	0	0
Ara Toplam 2	27 (67,50)	13 (32,50)	6 (15,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	7 (17,50)	0	0
D. Yanıtsız	3 (7,50)	0	5 (12,50)
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Sezgisel yanıt veren öğrencilerin de durumu klasik fizik bilgileri ile açıklayamadıkları için testteki soruya tahminlerde bulunarak açıklama getirdikleri görülmüştür.

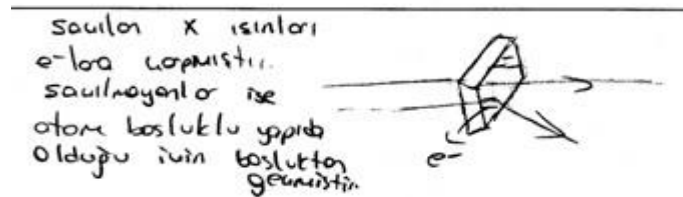
Ön testte öğrencilerin modern fiziğe dayalı yanıtlar verdikleri de görülmektedir. Öğrencilerin yanıtlarının daha önceden 10.sınıf kimya dersi birinci ünite de öğrendikleri bilgilere dayandığı görülmüştür. Ayrıca ön testte öğrencilerin %17,5'i kodlanamaz yanıt vermişlerdir. Kodlanamaz yanıt veren öğrenciler ne klasik ne de modern fizik mantığına dayanan, konudan uzak açıklamalar yapmışlardır.

Öğretim sonrasında uygulanan son test ve gecikmiş son testte öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür. Tablo 5.3' den bu araştırmada uygulanan bilişsel çatışmaya dayalı öğretimin, öğrencilerin kavramsal değişim sürecinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğunu görülmektedir. Tablo 5.3' e ait detaylı bilgiler aşağıda başlıklar altında verilecektir.

5.1.2.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim öncesinde uygulanan MFKT'deki ikinci soruya tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmazken, öğrencilerin %7,5'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Öğrenci D21'in kısmen doğru yanıtı Şekil 5.5' de verilmiştir.

Öğrenci Şekil 5.5' de görüldüğü gibi saçılan X ışınlarının, gelen X ışınlarının elektronlara çarparak oluştuğunu, saçılmayanların ise atomun boşluklarından geçerek yollarına devam ettiklerini anlatmaya çalışmaktadır.



Şekil 5.5: Öğrenci D21'in Compton Olayı ile ilgili ikinci soruya ön testte verdiği yanıt.

Öğrenci D21 ile gerçekleştirilen öğretim öncesi görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

D21: Dalga boyu değişmeyenler... Şöyle düşünmüştüm ben. Hani çok boşluklu bir yapıya sahipti ya atom. Direkt oradan geçmiştir. Çarparak geçenler de protonlara çarpmıştır diye düşünmüştüm. Hani saçılma deneyi vardı. Onunla ilişkilendirmeye çalıştım.

Araştırmacı: Saçılma deneyi dediğin nedir?

D21: Saçılma deneyi vardı. Rutherford yapıyordu. Altın bir levhadan geçiriyordu alfa ışınlarını bazıları direkt geçiyordu bazıları saçılarak geçiyordu.

Araştırmacı: Nasıl saçılıyordu alfa ışınları?

D21: Yanlış hatırlamıyorsam onlarda protona çarpıp saçılıyordu. Boşluklu yapıya sahipti direkt geçenler boşluktan geçiyordu. Çarparak geçenler protonlara çarpıyorlar.

Araştırmacı: Ön testteki yanıtında "X ışınları elektronlara çarpmıştır" demişsin.

D21: Elektronlara mı demişim. Yanlış demişim hocam.

Araştırmacı: Gerçekteki fikrin X ışınlarının protonlara çarpıp saçılması yönünde mi?

D21: Evet

Araştırmacı: Peki X ışınlarının dalga boyundaki artışı neye bağlıyorsun.

D21: X ışınları farklı bir yükü yüklüdür. Protonlara çarpınca da dalga boyunda bir değişim gözlenebilir.

Araştırmacı: Neden?

D21: Etkileşime girdiği için olabilir mi?

Araştırmacı: Dalga boyundaki artış ne demektir?

D21: Dalga boyu genliğinin artması mıydı? Bilmiyorum.

Öğrenci D21 ön testte X ışınlarının elektronlara çarparak saçılması yönündeki fikirleri ile kısmen doğru kabul edilebilecek bir yanıt vermiştir. Ancak kendisi ile gerçekleştirilen ön görüşmede X ışınlarının protonlara çarparak saçıldıklarını belirtmiştir. Verilen fiziksel durumu Rutherford'un alfa saçılması deneyine benzeterek açıklamıştır. Saçılmadan geçen X ışınlarının atomun boşluklarından geçtiklerini, saçılan X ışınlarının da protonlara çarparak saçıldıklarını ifade etmiştir. Öğrenci D21'in, ön teste verdiği yanıtta elektronlara çarpan X ışınlarının saçılacağı yönündeki açıklaması kendisine hatırlatıldığında yanlış yanıt verdiğini ifade etmiştir.

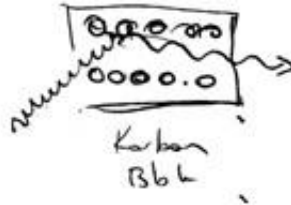
Ön görüşme, ön testte kısmen doğru yanıt veren öğrenci D21'in, aslında bilimsel olarak kabul edilemez bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca MFKT'deki birinci sorunun ön test ve ön görüşmelerin de olduğu gibi, öğrenci D21 ikinci sorunun ön görüşmesinde de X ışınlarının yüklerden oluştuğunu söylemiştir.

Ön testte öğrencilerin %10'u modern fiziğe dayalı ancak bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D11: Karbon bloktaki atomların içerisindeki elektron veya protonlara çarparak yön değiştiriyor olabilir. Bu nedenle dalga boyu artıyor olabilir. Saçılmadan geçenler ise elektron veya protonlarla karşılaşmadığından saçılmıyor olabilir.

D12: Yanıtı aşağıda aktarılmıştır.

Görüşme bloktaki atomlara çarpan ışık enerjisinin cabirahçian çarpışarak yön değiştirir ve çarpışmadan dolayı ışık ışını güç kaybederek giderek azalır. Doğal olarak frekansı yani dalga boyu artar.



Şekil 5.6: Öğrenci D12'nin ön testteki ikinci soruya verdiği yanıt.

Dikkat edilirse her iki öğrencinin de (D11 ve D12) yanıtları X ışınlarının protonlara çarparak yön değiştirmesine dayanmaktadır. Öğrenci D12 ile yapılan ön görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: İkinci soruda karbon blok var. Yüksek enerjili X ışınları gönderiyoruz bazıları sapmadan geçiyorlar. Bazıları ise sapıyor. Öncelikle bu olay nasıl açıklanabilir?

D12: Ben bu olayda geçen yıl kimya dersinde bir animasyon gibi bir şey izledik. Işık bir maddeye çarptığında orada bir altın levha kullanılmıştı. Rutherford'tu galiba bir

bilim adamı deneyde tıpkı buradaki gibibazı ışın demetlerinin saçılma gösterdiğini görüyordu. Onun nedeni de orda kullandığı metalin yani levhanın çekirdeğine ışığın çarpıp yön değiştirmesidir. Çarpmayanlar da dedektöre doğrudan gidenlerdir.

Araştırmacı: Ön testte baktığımızda az önceki ifadelerine benzer ifadelerin var ancak farklı ifadelerin de var. X ışınları atomun çekirdeğine çarpıp yön değiştirmiştir. Bu nedenle ışık güç kaybetmiştir. Frekansı ve dalga boyu artmıştır demişsin. Az önce frekansla dalga boyu ters orantılıdır demiştin.

D12: Frekans ve dalga boyunu tanım olarak karıştırmışım. Burada ışık güç kaybeder frekansı azalacak ama dalga boyu artacak. Bu sayede dalga boyunda değişimler olacak.

Araştırmacı: Şiddeti de azalacak diyor musun?

D12: Şiddet ve dalga boyu konusunda karmaşa yaşamışım. Frekansı azalır dalga boyu artar.

Araştırmacı: Şiddet?

D12: Işık enerji olduğuna göre ışık enerji kaybettiğinde şiddetinde azalacağını düşünüyorum şu anda düşündüğümde.

Öğrenci D12 ön testte Şekil 5.6' da görülen yanıtı vermiştir. X ışınlarının çekirdeğe çarpıp yön değiştirecekleri yönündeki fikirlerini, kendisi ile yapılan ön görüşmede de savunmaktadır. Öğrenci D21 ve benzer şekilde öğrenci D12'de X ışını saçılmasını, Rutherford alfa saçılması deneyi ile ilişkilendirmektedir. Öğrencilerin önceki yıllarda kimya dersinde yapılan öğretimden etkilendikleri görülmüştür. Ancak verdikleri yanıtlar, hem Compton saçılması hem de Rutherford alfa saçılmasına ilişkin doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir.

Ön testte öğrencilerin %27,5'i ikinci soruya klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları kategorinin özelliğini göstermesi amacı ile aşağıda örneklenmiştir.

D4: Karbon blok gönderilen ışınlar için bir düz ayna görevi görmüştür. Gönderilen ışınlar karbon bloğun arkasında bir görüntü oluşturur gibi saçılmış veya doğrusal kalmıştır.

D5: Işınlardan bazıları karbon atomlarına çarparlar ve yönleri ve şiddetleri değişir. Bazıları atomlara çarpmadan direkt geçerler.

D2: X ışınları elektrona rastlamazsa kırılmaya uğramadan direkt geçer. Eğer elektrona rastlarsa kırılır.

Öğrencilerin bu tür yanıt vermeleri zihinlerindeki köklü ve dirençli klasik fiziğe dayalı yapılara bağlanabilir. Bu öğrencilerde modern fiziğe dayalı modeller bulunmamakta o nedenle Compton Olayı ile ilgili verilen durumu, zihinlerindeki ışığın yansımaları ve başka bir ortama girdiğinde kırılması gibi klasik fiziğe dayalı modelleri kullanarak açıklamaya çalışmaktadırlar. Klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: İkinci soruda karbon blok var. Yüksek enerjili X ışınları gönderiyoruz bazıları sapmadan geçiyorlar. Bazıları ise sapıyor. Öncelikle bu olay nasıl açıklanabilir?

D4: Gönderdiğimiz X ışınları karbon blokta kırılma yansıma gibi olaylar geçiriyor gibi düşünmüştüm ben bu soruyu cevaplarken. Düzgün doğrusal geçenlerde düz bir ayna gibi düşünürsek doğrusal ya da saparak ilerliyorsa bu doğrusal ilerleyenlerin direk geçtiğini söylemek içindi. Saparlarda kırılmalar karbon blok X ışınlarında kırılma etkisi yapıyor olabilir. Kimileri için kırılma kimileri için yansıma etkisi yapmış diyebilirim.

Araştırmacı: Dalga boyundaki artışı nasıl açıklayabilirsin?

D4: Dalga boyu hakkında... Aslında pek bir fikir...Ne olabilir en fazla... Doğrusal gidenlerde baştakine göre bir değişiklik olmamıştır. Saparak gidenlerde bir kırılma olduğu için bu kırılma olayı onlarda dalga boyunu artırmıştır

Araştırmacı: Işığın dalga boyunun artması ışık için nasıl yorumlanabilir?

D4: Frekansın azalması diyebiliriz. Dalgaboyu artarsa iki tepelik arasındaki mesafe artacak bu da frekansın azalmasıdır.

Öğrenci D4'ün ön testteki yanıtı ile ön görüşmede verdiği yanıt neredeyse aynıdır. Öğrenci ışığın kırıldığında yön değiştireceğini, yansıdığı durumda ise doğrusal devam edeceğini düşünmektedir. Işığın frekansı ile dalgaboyu arasında ters orantı olduğunu belirtmekte ancak saçılan ışınların dalgaboyundaki değişimi açıklayamamaktadır.

Ön testte öğrencilerin %30'u ikinci soruya sezgisel yanıt vermiştir. Öğrencilerin verilen durumu klasik fiziğe dayalı modelleri ile açıklayamayınca tahminler yapmaya çalıştıkları görülmüştür. Öğrencilerin verdikleri sezgisel yanıtlar aşağıda örneklendirilmiştir.

D1: Karbon atomlarındaki elektronlara denk gelen X ışınları birbirini iter daha hızlı ve farklı yöne gitmelerine sebep olabilir.

D34: Karbona çarpma ışık saçılıyor. Dalga boyunun saçıldıkça artmasının sebebi ise çarpma sırasında kazandığı enerji olabilir.

D35: Bloktan saçılarak geçen X ışınları atomlarla etkileştiklerinden dolayı saçılmaktadır.

Yukarıda örneklendiği gibi tahminlere dayalı sezgisel yanıt veren öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılanlara ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: İkinci soruda karbon blok var. Yüksek enerjili X ışınları gönderiyoruz bazıları sapmadan geçiyorlar. Bazıları ise sapıyor. Öncelikle bu olay nasıl açıklanabilir?

D1: Ben burada karbon atomlarında elektronlar vardır. Işıktaki da elektronlar olduğu için karbondaki elektronlara çarpması ya da yaklaşması sonunda eksen değişikliği olabilir diye düşünmüştüm.

Araştırmacı: Yani iki elektron... Işıktan gelen bir elektron, maddedeki bir elektron. Bunlar arasında bir etkileşim ve yön değişikliği... Peki yön değiştirmeyenleri nasıl açıklıyorsun?

D1: Onlar iki elektronun arasından falan geçmiş olabilir. O şekilde düşünmüştüm.

Araştırmacı: Dalgaboyundaki artışı nasıl açıklıyorsun?

D1: Yine birinci soruda da söylemiştim. Çarpma ışık şiddeti ile alakalı diye düşündüm hızı ne kadar fazla ise elektronlara daha fazla yaklaşacağı için saçılanlar daha hızlı giderler böylelikle dalga boyunda artış olur.

Araştırmacı: Işığın dalgaboyunun artması özetle nedir?

D1: Işığın hızının artması gibi düşünüyorum.

Araştırmacı: Yani ışığın hızı artarsa dalgaboyu artar.

Öğrencinin ön testte verdiği yanıt sezgisel olarak kodlanmışsa da kendisi ile gerçekleştirilen ön görüşme öğrenci D1'in klasik fiziğe dayalı bir fikre sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Öğrenci D1, X ışınlarının elektronlardan oluştuğunu, gönderilen elektronların karbon bloktaki elektronlarla etkileşerek saçıldığını ifade etmiştir. Öğrenci daha önce MFKT'deki birinci soruya ön test ve ön görüşmede verdiği yanıtta da ışığın elektronlardan oluştuğunu belirtmektedir. Işığın elektronlardan oluştuğu fikrinin öğrenciler tarafından savunulmasının nedeni olarak öğrencilerde modern fiziğe dayalı modellerin bulunmaması gösterilebilir. Öğrenci verilen fiziksel durumları modern fiziğe dayanarak yanıtlayamamakta böylelikle Coulomb etkileşimi gibi klasik fiziğe dayalı olarak konuyu açıklamaya çalışmaktadırlar. Öğrenciler, Coulomb etkileşimi ile açıklama yapabilmek için ise ışığın da yüklü olması gerektiği yönünde fikirler öne sürmektedirler.

Ön testte öğrencilerin %7,5'i Compton Olayı ile ilgili ikinci soruyu yanıtızsız bırakmıştır. Modern Fizik ile ilgili modelleri, yalnız 10.sınıf dördüncü ünitenin içeriği olan özel göreliliğe dayanan öğrenciler için ikinci soruda verilen fiziksel durumun yanıtlanamaması doğal karşılanmalıdır. 11.Sınıfta modern fizik ünitesini öğrenmeden önce, çoğunlukla klasik fizik konularını öğrenmiş öğrenciler için ikinci soruda verilen durum yeni ve zor bir bilgidir.

5.1.2.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Tablo 5.3' de görüldüğü gibi son testte öğrencilerin %40'ı soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Çalışmada uygulanan öğretimin bu öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olduğu söylenebilir. Tam doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Compton Olayı denilince aklına neler geliyor?

D23: Compton olayında foton karbon bloğa gönderiliyordu. Foton atoma çarpıyor. Elektron saçılıyordu. Başka bir foton da saçılıyordu.

Araştırmacı: Compton olayına ilişkin eklemek istediğin bir şey var mı?

D23: Saçılanların momentumları ile gelen fotonun momentumu birbirine eşit oluyordu. Enerji de korunuyordu. Işığın parçacık özelliği gösterdiğini hatırlıyorum...

Araştırmacı: Saçılan fotonun saçılma açısının büyümesi herhangi bir etki yapar mı?

D23: Elektronun kazandığı enerji o kadar büyük oluyordu. Elektronun hızı o kadar büyük oluyordu. Saçılan fotonun enerjisi de o kadar küçük oluyor.

Ön test ve görüşmede sezgisel yanıt veren öğrenci D23 öğretim sonrasında uygulanan son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Ön testten elde edilen bulgular bölümünde ön görüşme diyalogları aktarılan ve ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenci D4'ün öğretim sonrasında uygulanan son görüşmeye ait diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Compton Olayı denilince aklına neler geliyor?

D4: Olayda hem momentumun hem enerjinin korunduğunu biliyorum.

Araştırmacı: Olayı anlatırsan bize.

D4: Karbon bloğa X ışınları gönderiliyor. Bazı ışınların farklı doğrultuda saptıkları görülüyor. Bazıları direkt geçiyor. Saçılanların dalga boyları incelendiğinde dalga boylarında artış olduğu gözleniyor. Dedektör saat yönünde çevrildiğinde açısında bir artış oluyor. Açısında artış oldukça dalga boyunda da bir artış oluyor. Bu olayda ışık tanecik özelliği gösteriyor aslında. Olayda hem momentum hem de enerji korunuyor.

Öğrenci D4'ün Compton Olayına ilişkin kavramsal değişiminde öğretimin olumlu etkisi kendisini göstermektedir. Öğrenci kendinden emin bir şekilde olayı açıklamıştır. Son görüşme, öğrenci D4'ün bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir.

Tablo 5.3' de görüldüğü gibi son testte öğrencilerin %27,5'i soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Compton Olayı ile ilgili ikinci soruya son testte verilen kısmen doğru yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D13: Karbon atomu boşluklu bir yapıya sahiptir. Saçılan ışımaların enerjisi azaldığı için dalga boyu artar.

D20: Işık hızı sabit kalır. Fakat etkileşimlerden dolayı enerji kaybı olur. $E = \frac{hc}{\lambda}$ eşitliğinde hc değeri sabittir. Enerjiyi azaltan şey dalga boyunun artmasıdır. Enerji farkı ise elektrona aktarılmıştır.

D32: Karbon blok üzerinden elektron kopar. Enerjinin korunumundan saçılan X ışınının dalgaboyu büyür.

D34: Saçılan X ışınlarının frekansı azalmıştır. Bu yüzden enerjisi de azalmıştır. Azalan enerji ise elektronun kinetik enerjisine eşittir.

Genel olarak bakıldığında öğrencilerin tam doğru yanıtla göre nitelik olarak zayıf yanıtlar verdikleri görülmektedir. Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren öğrencilerden D20 ile yapılan son görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Compton Olayı ile ilgili neler hatırlıyorsun?

D20: Compton'da enerjini korunuyor. Momentum korunuyor. Bir foton geliyor. Elektronla saçılma oluyor. Işığın hızı sabit olduğu için, ışık enerjisinin dalgaboyu büyütürken enerjisi azalmış oluyor yeni fotonun. Gelen ile saçılan foton arasındaki enerji farkı da elektrona aktarılmış oluyor. Toplam enerji korunuyor.

Araştırmacı: Saçılan fotonun saçılma açısının büyümesi bir etki oluşturur mu?

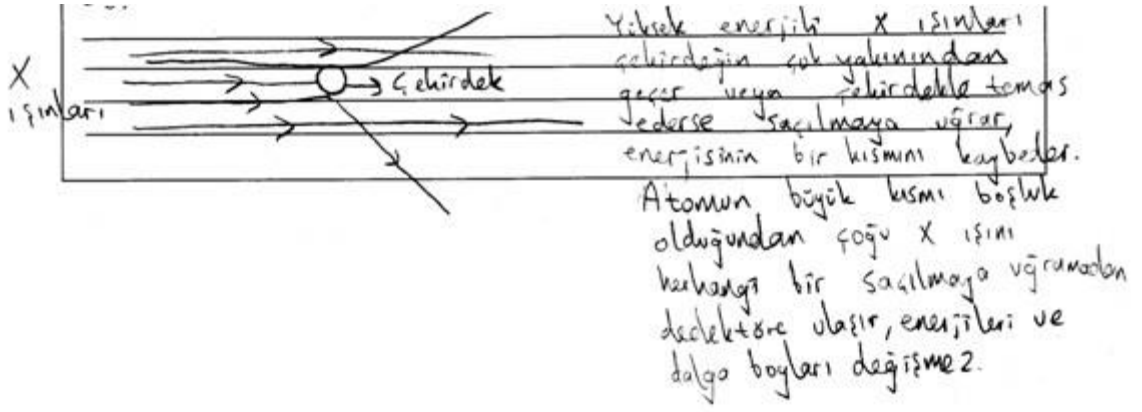
D20: Açı örneğin 0° ike dalgaboyunda değişim olmuyor. 180° olduğunda $\cos 180 = -1$ çıkıyor, önünde eksi olduğu için + oluyor (Compton eşitliğini kullanıyor). Bu durumda dalgaboyu değişimi maksimum oluyor. Bu durum da elektrona aktarılan enerjinin fazla olması demek oluyor.

Araştırmacı: Compton olayı sence ışığın doğası bakımından nasıl yorumlanabilir?

D20: Momentumdan falan bahsediyoruz. Işık burada tanecik özelliği gösteriyor.

Ön test ve görüşmede sezgisel yanıt veren D20, son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiş olsa da yanıtının nitelik açısından zayıf olduğu aslında bilimsel olarak tam doğru görüşlere sahip olduğu anlaşılmıştır.

Genel olarak bakıldığında öğretim sonrası uygulanan son testteki Compton Olayı ile ilgili ikinci soruya öğrencilerin %67,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Öğrencilerin %32,5'i soruya modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin son testte ikinci soruya verdikleri oldukça dikkat çekici bu yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.



Şekil 5.7: Öğrenci D2'nin son testteki ikinci soruya verdiği yanıt.

D7: Bazı fotonlar atomun çekirdeğine çarparlar ve değişikliğe uğrarlar. Bazıları da atom boşluklu olduğu için aynen geçerler.

D9: (D10, D25, D39 benzer yanıtlar) Karbon blok boşluklu yapıya sahiptir. Bazı ışınlar bu boşluklardan geçerek herhangi bir değişikliğe uğramadan geçer. Bazı ışınlar ise maddenin çekirdeğine ya da protonlarına çarpar, bir miktar enerji verir. Enerji verdiği için frekans azalır, dalgaboyu artar.

D22: Bu olay Compton Olayı'dır. Bu olayda bazı elektronlar çekirdeğe çarparak dalgaboylarını değiştirmiştir. Kimileri boşluklardan geçmiştir.

Öğrencilerin yanıtlarına bakıldığında verilen durumu X ışınlarının çekirdeğe ya da protonlara çarpıp saçılmaları şeklinde açıkladıkları görülmektedir. Oysa X ışınları Compton Olayında atomun elektronu ile etkileşerek elektronu saçmaktadır. Öğrencileri X ışınlarının çekirdekten yansması şeklindeki yanıtları vermeye iten neden görüşmelerde daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Son testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt verip kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Kavram testindeki ikinci soruya baktığımızda çekirdeğin yanından geçen X ışınları sapmaya uğrar demişsin. Neden?

D2: Çekirdeğin çok yakınından geçen ya da değen ışınlar enerjisinin bir kısmını aktarıp sapmaya uğrar. Çekirdekle temas ettiği için. Simülasyonda da izlediğim ötürü yakından geçenler saçılmaya uğruyordu.

Araştırmacı: Hangi simülasyonu hatırlıyorsun.

D2: Aslında Rutherford deneyi aklıma geldi. Orada da boşluklu atom açıklanmış oluyordu. Simülasyonda da çekirdeğin yanından geçenler sapmaya uğruyorlardı.

Son görüşme diyaloglarından görüldüğü gibi, araştırmacı öğrencinin MFKT'deki ilgili soruya verdiği yanıtın sebebini sorduğunda, öğrenci çekirdeğe yakın seyreden X ışınlarının saçılacağını belirtmiş ve bu ifadesini Rutherford Deneyi ile ilgili izlediği bir simülasyona dayandırmıştır. Atom teorileri konusunda izletilen Rutherford'un alfa saçılması deneyine ait animasyonun, Compton Olayı konusunda zayıf kavramsal değişim yaşayan öğrenci D2 için olumsuz bir etki yaptığı görülmüştür.

Son testte öğrenci D2 gibi modern fiziğe dayalı ancak kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci D22'ye ait son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Compton Olayı ile ilgili ne hatırlıyorsun?

D22: Bir madde vardı belli bir madde. Krom muydu?

Araştırmacı: Neyse devam edebilirsin.

D22: Onun üzerinde bir ışık gönderiliyor. Bazı saçılan ışınların dalgalı boylarının büyüdüğü görülüyor. Ölçen cihaz çevrilince dalgalı boylarının daha büyük olduğu ölçülüyor (Compton deneyini açıklıyor).

Araştırmacı: Etkileşim nasıl oluyor?

D22: Foton ile atomun çekirdeği. Bazıları atomun içindeki boşluklardan geçiyor bazıları da atomun çekirdeğine çarpıp enerjisini ona aktarıp saçılıyor. Enerjilerini atoma aktarıyorlar.

Araştırmacı: Az önce çekirdeğe aktarıyorlar demiştin. Atoma mı çekirdeğe mi aktarıyorlar?

D22: Çekirdeğe olacak.

Ön test ve görüşmede sezgisel yanıt veren öğrenci D22, son test ve görüşmede modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Görüşme diyaloglarından da anlaşıldığı gibi öğrenci Compton Olayı ile Rutherford'un alfa deneyini birbirine karıştırmaktadır.

Modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci D26 ile yapılan son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Compton Olayı ile ilgili neler biliyorsun?

D26: Momentum korunur...

Araştırmacı: Olayı açıklayabilir misin?

D26: Işık gelip elektonu saçıyordu. Işık burada madde özelliği gösteriyordu. Momentum korunuyordu.

Araştırmacı: İkinci soruya bakarsak karbon blok üzerine X ışınları gönderiliyor. Karbon bloktan bazı ışınların farklı doğrultularda çıktığı görülüyor. Buna nasıl bir açıklama getirebiliriz?

D26: Saçılanlar büyük bir olasılıkla çekirdeğe çarpıp saçılmıştır. Doğrudan geçenler ise atomun boşluklarından geçmiştir.

Araştırmacı: Bu konu ile ilgili öğretim aşamalarından neler hatırlıyorsun.

D26: Pek aklıma gelmiyor ama Rutherford'un deneyiydi. Büyük oranda atomun boşluk olduğunu söylüyordu. Altın levha üzerine alfa gönderiyorduk.

Araştırmacı: Bu sorudaki durumda X ışınları kullanılıyor dikkatini çekti mi?

D26: Sonuçta yine yüksek enerjili... Ben halen aynı fikirdeyim.

Öğrenci D26'nın da ikinci soruda verilen durum ile Rutherford alfa saçılması deneyi arasında ilişki kurduğu görülmüştür. Görüşmenin başlarında Compton Olayını başarı ile açıklarken, araştırmacının kendisine son testteki ikinci soruyu tekrar yöneltmesi üzerine D26, X ışınlarının çekirdekten saçılması fikrini savunmaya başlamıştır.

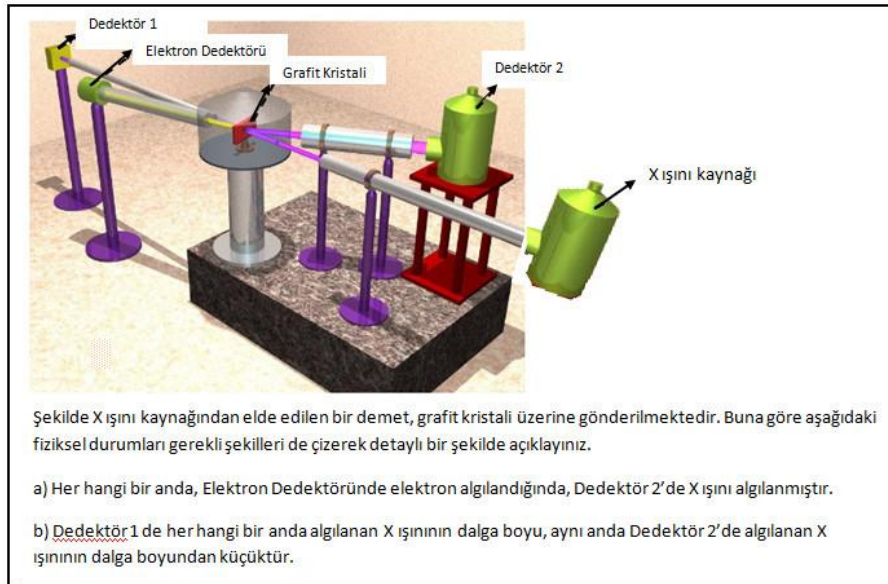
Son testte bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin tümü (%32,5) modern fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Kabul edilemez türden olan diğer kategorilerde yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

5.1.2.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretimden beş ay sonra uygulanan gecikmiş MFKT'de aynı kazanımı ölçecek şekilde başka bir fiziksel durum ile sorulan ikinci soru aşağıda görülmektedir. Öğrencilerin (a) bölümünde Compton Olayının gerçekleşerek

elektronun dedektöre doğru, saçılan fotonun ise Dedektör 2'ye doğru gittiği yönünde, (b) bölümünde ise Dedektör 1'e ulaşan X ışını fotonlarının atomla etkileşime girmediklerinden dalgaboylarının daha küçük olduğu yönündeki açıklamaları tam doğru yanıt olarak kabul edilmiştir.

Tablo 5.3' de görüleceği üzere gecikmiş son testte öğrencilerin %52,5'i MFKT'deki ikinci soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrencilerin, öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra yeni bir fiziksel durumla sorulan ikinci soruya tam doğru yanıt vermeleri, kavramsal değişimi güçlü olarak yaşadıklarını açıkça ortaya koymuştur.



Şekil 5.8: Gecikmiş MFKT'deki Compton Olayı ile İlgili İkinci Soru.

Gecikmiş son testteki Compton Olayı ile ilgili ikinci soruya tam doğru yanıt veren ve kendisi ile gecikmiş son görüşme yapılan öğrencilere ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: İkinci soruya verdiğin yanıtı hatırlıyor musun?

D4: Bu olaya Compton Olayı demiştim ben sorduğunuzda. Compton Olayında ışının tanecikli bir yapıda olduğunu göz önüne alınıyordu. Göndermiş olduğumuz X ışınları fotonları grafitteki elektronlara çarpabilir ya da çarpmadan yoluna devam edebilirdi. Eğer çarparsa, elektron ve foton saçılacağı için dalga boyunda bir değişim gözlenir. Dedektör 1 de algılanan X ışınının dalgaboyu, aynı anda dedektör 2

algılanandan küçüktür. Compton Olayında enerjinin korunumu ve momentumun korunumu göze çarpıyor. Gönderdiğim fotonun enerjisini yakalayabilmek için saçılan foton ile saçılan elektronun enerjisi baştaki değeri vermeli. O nedenle enerjisi azalıyorsa frekansı azalır, dalgaboyu artar.

Araştırmacı: Testteki ilk soruya baktığımda ön testte "ışığın frekansının artması yalnızca metal levhaya çarpıp yansıyan ışınların sayısını artırır" demişsin.

D4: (Gülüyor) Özellikle frekans ve şiddet.

Araştırmacı: Son test ve gecikmiş son teste baktığımda frekansı artırırsak elektron kopabilir diyorsun. Sende önden son teste doğru hayli değişmiş fikirler var. Bunun sebebi nedir sence?

D4: Ön testte bende bazı kavramların eksik ve birbirine karışmış durumda olması mesela frekans ve şiddet arasındaki ayrımı bilmiyordum. Sizden öğrendikçe doğrusunu yazıyoruz artık.

Araştırmacı: Bir de hatırlarsan ders içinde sizde hoşnutsuzluk uyandıracak bir takım materyaller verdim dersin değişik noktalarında. O materyalle ilk karşılaştığın zaman hissettiğin şey neydi? Bir kaygı mı hissettin ya da bir çaresizlik belki de korku. Yoksa bu seni bir an evvel yeni bilgiye ulaştıracak bir çabanın içine doğrumu itti?

D4: Aslında korku hissetmedim. Genelde fizikte farklı şeyler öğrenmek hoşuma gidiyor. Sadece ilk defa siz bu materyalleri verdiğinizde ben hoşnutsuzluk yaşadığımda bende bu kadar kavram yanılığının nasıl biriktiğini düşündüm bir an. Nasıl hepsinin birbirine girdiğini düşündüm. Öğrendikten sonra bu kadar ayrı şeyleri birbirine karıştırmam asıl beni hoşnutsuz etti. Ancak öğrendikçe daha çok öğrenme isteği oldu. Biliyorsunuz zaten ben bu dersleri çok sevdiğim için...

Öğrenci D4 ön testte klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Son test ve gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrenci kendisi ile yapılan son ve gecikmiş son görüşmelerde de bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Gecikmiş son görüşme diyaloglarının başlangıç kısımlarında görüldüğü gibi öğrenci Compton Olayını açık, anlaşılır ve kendinden emin olarak açıklamıştır. Öğrenci D4 derslere karşı tutumunu da "biliyorsunuz ben dersleri çok sevmiştim" şeklindeki ifadesi ile göstermiştir. Öğrenci ayrıca hoşnutsuzluk uyandıran ders materyalleri ile karşılaştığında herhangi bir endişe hissetmediğini aksine fizikte yeni bilgiler öğrenmenin verdiği mutluluğu

yaşadığını belirtmiştir. Bu duruma daha sonra tartışma bölümünde genişçe yer verilecektir.

Öğretimin olumlu etkilerinin örneği öğrenci D4'de görülmüştür. Ancak nadiren de olsa gecikmiş son teste bilimsel olarak tam doğru yanıt verip görüşmelerde kavram yanılgısına sahip olduğu ortaya çıkarılan öğrenciler de bulunmaktadır. Bu öğrencilerden D2'ye ait gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

D2: Elektron dedektöründe elektron algılıyor, Dedektör 2'de de X ışını algılıyor. X ışını karbonun serbest elektronu vardı. Onunla etkileşime girmiş demek ki elektron atomdan ayrılmış. X ışını elektronu ayırmış, elektron, elektron dedektörüne ulaşmış. Saçılan X ışını da enerjisi azalmış, oda dedektör 2'ye ilerlemiş.

Araştırmacı: b bölümünde nasıl bir cevap verdin?

D2: İkincide dalga boyunun artmasının sebebi enerjisinin azalmasıdır. 1. durumdakinde direkt geçtiği için herhangi bir etkileşim bulunmadığı için dalgaboyu küçük enerjisi fazladır, ikincisinde enerjisi enerji azalır dalgaboyu artar.

Araştırmacı: Sana bir şey daha sormak istiyorum. Bu X ışınları çekirdekten çarpıp geri dönmüş olabilirler mi?

D2: Çekirdekle etkileşmiyordu galiba tam olarak hatırlamıyorum ama... Çekirdeğin çok yakınından geçiyordu ama çekirdeğe çarpmıyordu galiba.

Araştırmacı: Mesela çekirdeğe çarpan X ışınları buradan yansımış olabilir mi?

D2: Bence olamaz gibi geliyor ama...Aslında olabilir de. Foton gönderilmiş atom uyarılabilir.

Araştırmacı: Çekirdek uyarılabilir mi?

D2: Tam bilemiyorum.

Araştırmacı: Peki. Son teste baktığımda "çekirdeğe çarpan X ışınları saçılmıştır" şeklinde bir yanıtın olmuş. Gecikmiş son teste ise "serbest elektrona çarpan X ışınları saçılmıştır" şeklinde açıklıyorsun.

D2: Şu an verdiğim yanıtta daha çok eminim.

Araştırmacı: Bu konuda bir karışıklık yaşamamanın nedeni ne olabilir?

D2: Modern fizikteki diğer deneylerle ilgili bir kavram kargaşası olmuş olabilir bu soruda.

Araştırmacı: Bu soruyu öğrendiğimiz konu başlıklarından her hangi biri ile ilişkilendirebildin mi?

D2: Compton Saçılmasına benzettim.

Araştırmacı: Nedir Compton Saçılması?

D2: Yine ışın kaynağından ışınlar gönderilip elektron saçılıyordu. Etkileşime giren ışın da altın levhaya doğru gidiyordu.

Öğrenci D2 gecikmiş son testte, öğretimden uzunca bir zaman geçmesine ayrıca kazanım başka bir soru ile ölçülüyor olmasına rağmen tam doğru yanıt verebilmiştir. Ancak görüşme diyaloglarının son bölümlerinde görüleceği gibi Rutherford alfa saçılması deneyi öğrencilerin kavramsal ekolojileri üzerinde bir *karabulut etkisi* yapmaktadır. Gecikmiş son görüşmede, son testteki X ışınlarının çekirdekten yansıma fikri hatırlatılınca öğrenci D2 serbest elektrondan saçılma fikrinden daha emin olduğunu belirtmiştir. Ancak araştırmacının sonda sorusu karşısında Compton saçılması deneyinde altın levhadan söz etmiştir. Son testten elde edilen bulgular başlığı altında öğrenci D2' nin son testte ve son görüşmede yaşadığı karmaşa aktarılmıştır. Öğrenci öğretimden uzun süre sonra uygulanan test ve görüşmede de aynı problemi yaşamaya devam etmektedir. Bu durumun nedeni olarak atom teorileri bölümünde öğrencilere izletilen Rutherford'un alfa saçılması deneyine ilişkin animasyon gösterilebilir.

Öğrenci D2' nin durumuna karşıt olarak gösterilebilecek başka bir durum da başlangıçta X ışınlarının çekirdekten yansıması şeklinde fikirlere sahip öğrencilerin uygulanan öğretim ile birlikte kavramsal değişimi bilimsel görüşe doğru yaşamalarıdır. Örneğin ön testte X ışınların çekirdekten yansıtacağı yönünde yanıt veren ve öğretim öncesi bulgular bölümünde ön görüşme diyalogları aktarılan öğrenci D12, öğretim sonrasında uygulanan son test ve gecikmiş son testte de bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Bu öğrenciye ait gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

D12: X ışını gönderildikten sonra elektrona çarptığında elektrona enerji verip elektronu grafit çekirdeğinden koparmıştır. Elektron dedektörü de bunu algılamıştır. Grafitten ayrılan X ışını da Dedektör 2 de algılanmıştır.

Araştırmacı: b bölümüne nasıl bir yanıt verdiğini hatırlıyor musun?

D12: X ışınlarının her biri elektronlara çarpacak diye bir şey yok. Dedektör 2 de algılanan X ışını, gelen X ışınına göre dalgaboyu büyümüş frekans ve enerjisi azalmıştır. X ışını elektronla etkileşmediği için enerjisi değişmemiş diğer dedektördeki göre dalgaboyu küçük kalmıştır.

Görüşme diyalogları, D12' nin kavramsal değişimi bilimsel görüşe doğru yaşadığını, öğretimin kendisine yardımcı olabildiğini göstermiştir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %20'si bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin istenen yanıtın bir kısmını yazdıkları görülmüştür. Kısmi yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D6: X ışınları elektronların saçılmasını sağlamıştır. Dedektör 1'deki dalgaboyunun Dedektör 2'deki dalgaboyundan küçük olmasının sebebi saçılma açısının küçük olmasıdır.

D9: Bu durum Compton Olayıdır. Saçılanın fotonun enerjisi azalır dalgaboyu artar.

D34: X ışını grafit kristalinden elektron koparmıştır. Elektron saçılmıştır. Dedektör 1 de algılanan X ışınlarının enerjii, Dedektör 2'de algılanandan küçüktür.

D35: Bazı X ışınları grafit kristalinden elektronları saçmıştır. Dedektör 1'deki ışınlar etkileşime geçmediği için enerjileri aynı kalır. Saçılan fotonların ise enerjileri azalmıştır.

Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren öğrencilerden D9 ile yapılan gecikmiş son görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: X ışını kaynağından ışınlar grafitte gönderiliyor. Tam karşıda ve hedefin arkasında X ışını dedektörleri var. Bir de elektron dedektörü. Soruları yanıtlamanı istiyorum.

D9: X ışını grafitten elektronu koparıyor. Sonra bir ışımaya oluşuyor ve Dedektör 2'de algılanıyor.

Araştırmacı: Sorunun diğer bölümü için ne diyorsun?

D9: X ışını etkileşmediğinde enerjisi değişmeyecektir. Çarpıp etkileşirse saçılan fotonun enerjisi gelenden az oluyor. Bundan dolayı dalgaboyu artıyor.

Araştırmacı: Bu deney öğrendiğin başka bir deney benziyor mu?

D9: Bence Compton Olayı bu.

Araştırmacı: Son teste bakarsak “çekirdeğe ya da protonlara çarpan X ışınları yansır” şeklinde bir yanıtın olmuştu. Şu an söylediklerinle arasında bir fark var gibi. Hangisi doğru sence?

D9: Şu an söylediklerim doğru. O an karıştırmışım herhalde.

Araştırmacı: X ışınları çekirdekten yansıyamaz mı?

D9: Yansıyamaz bence. Ama neden bilmiyorum.

Araştırmacı: X ışınları yüklü müdür?

D9: Hayır yüksüzdür. Foton olduğu için...

Öğrenci D9 son test ve görüşmede “X ışınlarının çekirdekte yansması” fikrine sahipken gecikmiş son test ve görüşmede bu fikri terk ederek Compton Olayını kullanarak soruyu açıklamaktadır. Açıklamaları nitelik bakımından zayıf olsa da öğretim üzerinden geçen uzun süre D9’un Compton Olayına ilişkin görüşlerinin bilimsel görüşe doğru değişmesine olumlu katkı yaptığı söylenebilir.

Genel olarak bakıldığında son testte öğrencilerin %72,5'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Sonuçlar öğretimin kalıcılık etkisini de açıkça ortaya koymaktadır. Bununla birlikte öğrencilerin %12,5'i soruya modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Son teste göre verilen yanıtların sayısı bakımından azalış gösteren bu kategorideki öğrencilerin genellikle X ışınlarının çekirdekten yansıma yapması fikrine sahip oldukları unutulmamalıdır. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez bu türden yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D1: Grafitin çekirdeğine çarpan X ışınları yansıyarak 2. dedektörde X ışını algılanmasını sağlamıştır.

D26: Grafit kristalinin çekirdeğinden yansıyacağından dolayı Dedektör 2'de X ışını algılanmıştır.

Bu kategoride yanıt verip kendisi ile görüşme yapılan D1 öğrencisine ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

D1: Burada X ışını çekirdekten yansıyarak Dedektör 2'ye ulaşmıştır.

Araştırmacı: Elektron dedektöründe elektron algılanmasının nedeni nedir?

D1: X ışınından gelen enerji grafit kristalindeki elektronları belirli bir seviyeye getirdikten sonra o elektronları koparmış olabilir.

Araştırmacı: Koparıldıktan sonra X ışınına ne olmuştur?

D1: Daha az enerjili bir X ışını açı ile yoluna devam eder.

Araştırmacı: b bölümüne nasıl bir cevap verdin? Dedektör 1' de algılanan X ışınının dalgaboyu, Dedektör 2'dekinden küçüktür demişiz.

D1: Burada sanki itme momentum gibi düşündüm, elektronu kopartıp onu elektron dedektörüne gönderir, X ışını da Dedektör 2'ye ulaşmış.

Araştırmacı: Testteki yanıtınla bu söylediklerin arasında bir çelişki var. Şu an "Bir X ışını gelip elektronu saçtı, onu elektron dedektörüne gönderdi. Diğer bir X ışını da Dedektör 2'ye geldi" dedin. Az önceki konuşmada "çekirdekten yansıyıp Dedektör 2'ye geldi" demiştin.

D1: Son söylediğim doğru bence. Elektronu saçmış ona bir enerji aktarmıştır. Başka X ışını da Dedektör 2'ye gelmiştir.

Araştırmacı: Çekirdek bu olayın neresinde? Çekirdeği ne yapacağız?

D1: ...Momentumun korunumu var. Bence çekirdekle ilgili bir şey yok.

Araştırmacı: Peki bu çekirdek nereden karışmış olabilir? Başka bir yerden karışıyor olabilir mi? Ya da belki bu olayla ilgilidir onu da bilemiyorum.

D1: Hiç bir fikrim yok.

Ön testte sezgisel, son testte tam doğru yanıt veren D1 öğrencisi gecikmiş son testte modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrenci ile gerçekleştirilen gecikmiş son görüşmede öğrenci başta X ışınlarının çekirdekten yansıyacağı yönünde fikirlerini ifade etmiştir. Görüşmenin ilerleyen aşamasında araştırmacının öğrencinin konuşmasındaki çelişkileri hatırlatması sonunda doğru yanıtı ulaşmıştır. Öğrencinin aklında çekirdekten X ışını yansıması şeklinde bir karmaşa oluşmuştur ancak öğrenci bu karmaşanın nedenine ilişkin bir fikir beyan edememiştir. Bu durum öğrencinin kavramsal değişimi zayıf olarak yaşadığını göstermektedir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %2,5'i klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. D14 öğrencisinin verilen durumu Compton saçılması ile ilişkilendiremediği, bu nedenle zihnindeki kırılma ve yansıma gibi klasik fiziğe dayalı kavramlarla konuya açıklık getirmeye çalıştığı görülmüştür. Ayrıca gecikmiş

son testte öğrencilerin %12,5'i soruyu yanıtsız bırakmıştır. Öğrencilerin soruyu Compton olayı ya da başka bir modern fizik konusu ile ilişkilendiremedikleri ancak sorunun yanıtının klasik fiziğe dayalı olamayacağını da tahmin ettiklerinden dolayı yanıt vermekten kaçındıkları düşünülmektedir.

5.1.2.4 Tartışma

Öğrencilerin MFKT'deki ikinci soruya verdikleri yanıtların kodlanması ile oluşan Tablo 5.2' de görüleceği üzere ön testte, bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmazken, öğrencilerin %7,5'i soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Ön testte, X ışınlarının elektronlara çarparak saçıldıkları yönünde kısmen doğru yanıt veren Öğrenci D21, kendisi ile yapılan ön görüşmede X ışınlarının yüklü olduğu için atomdaki elektronlardan etkilenerek saçılacakları yönünde açıklama yapmıştır. Öğrenci D21 ön testte kısmi yanıt vermiş olsa da aslında klasik fiziğe dayalı ve kabul edilemez türden bir kavramsal anlamaya sahiptir.

Ön testte öğrencilerin %10' u modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Bu öğrencilerden D12 ile yapılan ön görüşme kendisinin ikinci soruya verdiği yanıtı Rutherford'un alfa saçılması deneyi ile ilişkilendirdiğini göstermiştir. Verilen fiziksel durumu Rutherford'un alfa saçılması deneyi ile ilişkilendirme nedeni kendisine sorulduğunda ise 10. sınıf kimya dersindeki atomun yapısı ünitesinin işlenmesi sırasında izlediği animasyonu örnek göstermiştir.

Ön testte, öğrencilerin %27,5'i klasik fiziğe dayalı yanıtlar vermiştir. Bu öğrencilerin verilen fiziksel durumu, henüz modern fiziğe dayalı modellere sahip olmadıklarından zihinlerindeki klasik fiziğe dayalı yansıma ve kırılma gibi modelleri kullanarak açıklamaya çalıştıkları görülmektedir. Bununla birlikte modern fiziğe dayalı modellere sahip olmayan başka bir grup da %30 oranında sezgisel yanıt veren öğrencilerden oluşmuştur. Genel olarak bakıldığında öğrencilerin %67,5'i soruya bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Araştırmada öğretimi yapılan Modern Fizik konusunun doğası açısından bu bulgu öğretim öncesinde beklenen bir durumdur.

Son teste, öğrencilerin %40'ı soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt verirken, %27,5'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren Öğrenci D4 son ve gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrenci D4, son ve gecikmiş son görüşmede de öne sürdüğü fikirleri ile bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Öğretim, öğrencinin kendi görüşlerini bilimsel olanı ile değiştirmesinde kendine yardımcı olmuştur. Öğrenci kendinden emin tavırları ile bilimsel gerçekleri açıklamış, dersleri çok sevdiğini söyleyerek derse karşı tutumunu da açıkça ortaya koymuştur.

Öğrenci D12 ön testteki ikinci soruya, "X ışınlarının çekirdeğe çarpıp yansıma yapması" fikrini içeren modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrenci D12, son ve gecikmiş son testte ayrıca son ve gecikmiş son görüşmelerde bilimsel olarak tam doğru yanıtlar vererek kavramsal değişimi güçlü bir şekilde yaşadığını göstermiştir. Bu durum araştırmada uygulanan öğretimin, başlangıçta X ışınlarının saçılmasını Rutherford'un alfa saçılması deneyine benzeten bir öğrencinin kavramsal değişimi bilimsel görüşe doğru yaşamasında ona yardımcı olabildiğini göstermiştir.

Bununla birlikte ön testte sezgisel yanıt veren D1 öğrencisi, son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt verirken, gecikmiş son testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrenci, gecikmiş son testteki ikinci soruya, Dedektör 2'ye gelen X ışınının çekirdekten yansıyıp geldiği yönünde yanıt vermiştir. Gecikmiş son görüşmede araştırmacının, kendisine ait çelişkili ifadeleri hatırlatması üzerine D1 öğrencisi bilimsel olarak doğru açıklamayı yapabirmiştir.

Son testte öğrencilerin %32,5'i gibi ciddi bir çoğunluğu modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin tamamı X ışınlarının çekirdekten yansıması fikrine sahiptir. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren bu öğrenciler ile yapılan son görüşmeler, öğrencilerin 10. sınıftaki kimya dersi atomun yapısı ünitesinin Rutherford atom modeli ile ilgili öğretiminde izletilen animasyonlardan etkilendiklerini ortaya koymuştur. Kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan bu öğrenciler için alfa saçılmasının açıklandığı animasyon olumsuz bir etki yapmıştır. Çekirdeğe doğru gelen ya da çekirdeğe yakın seyreden alfaların çekirdek

tarafından itilerek saptırılması durumunu öğrenciler X ışınlarının grafit kristalinden saçılmasına benzetmişlerdir. Gecikmiş son testte ise X ışınlarının çekirdekten yansıma yapması fikrini içeren yanıtların yüzdesi (%12,5) azalmıştır. Öğrenciler için öğretim üzerinden geçen uzun zaman, yeni kavramların üzerinde düşünme, yeni kavram ile açıklanan farklı durumları fark etme ayrıca akranları ile tartışma için fırsat oluşturmaktadır. Örneğin D32 öğrencisi ön testte sezgisel, son testte kısmen doğru yanıt verirken, öğretimden uzunca bir süre geçmesine ve soruda değişikliğe gidilmesine rağmen gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt verebilmiştir.

Açıklanan durumları daha da derinlemesine betimleyebilmek için görüşme yapılan öğrencilere ait bireysel gelişim tablosu oluşturulmuştur. Tablo 5.4 sadece görüşme yapılan öğrencilere ait kavramsal değişim sürecini MFKT ve görüşme türleri bazında göstermektedir.

Tablo 5.4' de görüldüğü gibi D4, D12, D23 öğrencileri öğretim sonrasında uygulanan tüm test ve görüşmelerde bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduklarını göstermişlerdir. Öğrencilerin bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimi yaşarken araştırmada uygulanan öğretimden oldukça olumlu etkilendikleri görülmüştür.

Bununla birlikte öğretim sonrasında uygulanan son test ve son görüşmede X ışınlarının çekirdekten yansıma yapacağına ilişkin görüş belirten öğrenci D21, öğretimden uzunca süre sonra uygulanan gecikmiş son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Aradan geçen zamanın öğrenciye yeni kavramı test etme ve başka durumlara uygulama fırsatı verdiği böylelikle öğrencide kavramsal değişimin gerçekleştiği düşünülmektedir.

Araştırmada Compton Olayının ne olduğu sorulduğunda soruyu tam doğru bir şekilde yanıtlayan ve ikinci soruda verilen fiziksel durumu Compton Olayı ile ilişkilendiremeyen öğrenciler de bulunmaktadır. Tablo 5.4' de görülen öğrenci D22 bu öğrencilerden biridir. Öğrenci son görüşmede Compton saçılması ile Rutherford'un alfa saçılması deneyini karıştırdığını fark edince kendisine bu karışıklığın neden kaynaklandığı sorulmuştur. Öğrenci Compton Olayının işlendiği derste bulunmadığını belirtmiştir.

Tablo 5.4: Görüşme yapılan öğrencilerin Compton Olayı ile ilgili ikinci sorudaki bireysel gelişimi.

KATEGORİ	ÖN		SON		GEÇİKMİŞ	SON
	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D1, D4, D12, D23	D1,D4,D12, D20, D23, D24,D25 D31	D2,D4,D12 D16,D21, D23, D24, D31	D4, D12,D21 D23, D24, D25,D31
A.2	D21		D20, D24, D31	D16	D9, D22, D25	D1,D2,D9, D16, D22
B.1	D12	D12	D2,D9,D16, D21,D22, D25,D26	D2,D9,D21, D22,D26	D1, D20 D26	D20,D26
B.2	D2, D4,D16 D26, D31	D1,D2,D4, D16,D21 D26,D31				
B.3	D1,D9,D20, D22,D23,D24	D9,D20,D22, D23,D24,D25				
C	D25					

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim

Öğrenci D2, gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Gerçekleştirilen gecikmiş son görüşmede son testte verdiği X ışınlarının çekirdeğe çarpıp yansımaya dayanan yanıtı kendisine hatırlatıldığında karmaşa yaşayabilmiştir. Görüşmenin ilerleyen bölümlerinde doğru yanıtı ulaşmış ve emin olduğunu belirtmişse de öğrencinin yanıtı kısmen doğru olarak kodlanmıştır. Benzer karmaşayı yaşayan öğrencilerden biri de D1 öğrencisidir. Öğrenci son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Gecikmiş son testte X ışınlarının çekirdeğe çarpıp saçılacağını belirtmiştir. Öğrenci ile yapılan gecikmiş son görüşmede elektron dedektöründe algılanan elektronu nasıl açıkladığı sorulunca hatasını fark edip Compton Olayı ile Rutherford'un alfa saçılması deneyini karıştırdığını belirterek verilen fiziksel durumu başarı ile açıklamıştır. Ancak bu durumdan dolayı yanıtı kısmen doğru olarak kodlanmıştır.

Benzer durumlardan biri de öğrencilerin hiç bir karmaşa hissetmeden Compton saçılmasının X ışınlarının grafit kristalinin çekirdeğinden yansımaya

şeklinde gerçekleştiğini düşünmeleridir. Tablo 5.4' de son testten gecikmiş son görüşmeye kadar tablonun hep aynı satırında yer alan öğrenci D26 bunun en güzel örneğidir.

Özetlenecek olursa kendisi ile görüşme yapılan 14 öğrencinin gecikmiş son testte 11'i, gecikmiş son görüşmede 12'si bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Sonuçlar öğretimin kavramsal değişimi güçlü olarak sağlama bakımından başarılı olduğunu göstermiştir. Ancak gerek 10. sınıf kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinin gerekse bu araştırmada Rutherford Atom Modeli öğretiminde izletilen alfa saçılması deneyinin öğrencilerin kavramsal anlamaları üzerinde bir karabulut gibi dolaştığı anlaşılmaktadır. Özellikle kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan öğrenciler Compton olayı ile Rutherford'un alfa saçılması deneylerini birbirine karıştırmışlardır.

5.1.3 MFKT'deki Işığın İkili Doğası ile İlgili Üçüncü Soruya İlişkin Bulgular

MFKT'deki ışığın ikili doğası ile ilgili olarak sorulan üçüncü soru aşağıda görülmektedir. Öğrencilerin soruya tam doğru yanıt verebilmeleri için (D) seçeneğini işaretleyerek, dalga özelliği için girişim, kırınım, polarizasyon, ışığın saydam ortamlar arasındaki geçişlerinde kırılma ve yansımayı birlikte göstermesi olaylarından birini yazmaları gerekmektedir.

<p>3. Işıkla ilgili aşağıda söylenen bilgilerden hangisi doğrudur. Doğru seçeneği yuvarlak içine alınız ve buna kanıt gösterilebilecek açıklamalarınızı yapınız.</p> <p>A) Dalgadır. B) Parçacıktır. C) Dalga ya da parçacıktan biridir.</p> <p>D) Hem dalga hem de parçacıktır. E) Ne dalga ne de parçacık değildir.</p> <p>Açıklama:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Şekil 5.9: MFKT'deki ışığın ikili doğası ile ilgili üçüncü soru.

Ayrıca öğrencilerin, tanecik özelliği için de Fotoelektrik olay, Compton olayı, Siyah Cisim Işıması durumlarından birini delil olarak belirtmeleri gerekmektedir. Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden beş ay süre sonra

uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki üçüncü soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.5 oluşturulmuştur.

Tablo 5.5: MFKT'deki Üçüncü Sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar			
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	1 (2,50)	20 (50,00)	20 (50,00)
2.(a) Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar (D seçeneği, yanıt kısmi)	6 (15,00)	9 (22,50)	10 (25,00)
2.(b) Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar (D seçeneği, yanıt yok)		1 (2,5)	4 (10,00)
Ara Toplam 1	7 (17,5)	30 (75,00)	34 (85,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. D seçeneği (Hem dalga hem parçacık)	16 (40,00)	7 (17,50)	2 (5,00)
2. A seçeneği (Dalgaadır)	6 (15,00)	2 (5,00)	2 (5,00)
3. B seçeneği (Parçacıktır)	2 (5,00)	1 (2,50)	1 (2,50)
4. C seçeneği (Dalga ya da parçacıktan biridir)	2 (5,00)	0	0
5. E seçeneği (Ne dalga ne de parçacık değildir)	7 (17,50)	0	1 (2,50)
Ara Toplam 2	33 (82,50)	10 (25,00)	6 (15,00)
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Tablo 5.5' de görüldüğü üzere öğrencilerin yanıtlarının özellikle ışığın hem dalga hem de parçacık özelliğini göstermesi yönünde olduğu görülmektedir. Araştırma açısından bu durum beklendik değildir. Özellikle ön görüşmelerde öğrencilerin önceki yıl kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinde konuları yüzeysel olarak öğrendikleri ortaya çıkarılmıştır. Kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinin öğrencilerdeki etkileri daha sonra detaylı olarak tartışılacaktır.

Tablo 5.5' de görülen belki de en beklenmedik durum ışığa parçacıktır diyen öğrencilerin bulunmasıdır. Çünkü öğrenciler ilk defa bu çalışmada uygulanacak öğretim ile ışığın tanecik özelliği ile tanışacaklardır. Ancak öğrenciler ile gerçekleştirilen ön görüşmeler ışığa taneciktir diyen öğrencilerin de kimya dersinde yapılan öğretimden etkilendiklerini göstermiştir. Ayrıca öğrencilerin %17,5'i ışık nedir sorusuna ne dalga ne de parçacık değildir yanıtını vermişlerdir. Işığın dalga özelliği 12.sınıf fizik dersi öğretim programında, araştırmaya konu olan tanecik modeli de 11.sınıf öğretim programında yer almaktadır. O nedenle öğrencilerin ışık için "ne dalga ne de parçacık değildir" yanıtını vermeleri doğal karşılanmalıdır.

Tablo 5.5 bu araştırmada uygulanan bilişsel çatışmaya dayalı öğretimin, öğrencilerin kavramsal değişim sürecinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğunu göstermiştir. Tablo 5.5'e ait detaylı bilgiler aşağıda başlıklar altında verilecektir.

5.1.3.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim öncesinde uygulanan MFKT'deki üçüncü soruya öğrencilerin %2,5'i tam doğru yanıt verirken, öğrencilerin %15'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrenci D12'nin yanıtı aşağıda görölmektedir.

D12: (D) Işık çift yarık deneyinde olduğu gibi aynı su dalgalarında olduğu gibi dalga özelliği gösterir. Ancak ışık fotoelektrik olayı gerçekteştirebilmektedir. Fotoelektrik olayda ise parçacık özelliği göstermektedir.

Tam doğru yanıt veren öğrenci D12 ile yapılan ön görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır. Öğrenci görüşmede ikinci soruyu açıklarken kendiliğinden üçüncü soru ile ilgili açıklamalar yapmaya başlamıştır.

D12: X ışınları atomun çekirdeğine çarparak saçılıyor. Aynı bir madde gibi davranıyor. (Compton Olayı'nı açıklıyor)

Araştırmacı: Işığın doğası ile ilgili üçüncü soruya nasıl bir yanıt verdin?

D12: Hem dalga hem de parçacıktır. Sonuçta ikinci soruda olduğu gibi yön değiştirebiliyorsa parçacıktır. Ancak çift yarık deneyinde dalga özelliği gösteriyor. Su dalgalarında tek yarıktan çıktığında farklı iki yarıktan çıktığında farklı desen oluşturduğunu biliyoruz.

Araştırmacı: Çift yarık deneyini nereden gördün?

D12: Kimya dersinde gördüm.

Araştırmacı: Işığın dalga olduğuna dair başka bir kanıtın var mı?

D12: şu an başka yok.

Araştırmacı: Yanıtında fotoelektrik olay var. Fotoelektrik olay nedir?

D12: Işığın metalden elektron koparması. Bu sorudaki duruma örnektir. Parçacık gibi davranıyor.

Öğrenci D12 katıldığı kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesi öğretiminden olumlu etkilenmiş olduğunu kendisi ile yapılan ön görüşmede göstermiştir. Kendisi ön görüşmede de bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir.

Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklendirilmiştir.

D2: (D) Noktasal ışık kaynağından çift yarıkla metal levhaya ışık gönderdiğimizde ışık iki yarıktan da ayrı ayrı geçmekte ortada bulunan metal bölmeye takılmamaktadır. Sanki bir parçacık gibi gelip yarıktan ikiye ayrılıp geçmiştir.

D6: (D) Işık dalgalar halinde yayılır. Işığın foton denilen tanecikler de vardır. Bu nedenle hem dalga hem de taneciktir.

D10: (D) çift yarık deneyinde elektronların tanecik özelliği gösterdiği kanıtlanmıştır. Girişim deneyinde ise dalga özelliği gösterdiği görülmüştür.

D23: (D) çift yarık deneyi ışığın dalga özelliği gösterdiğini açıklıyordu.

Kısmi yanıt veren öğrencilerin açıklamaları öğrencilerin kimya dersindeki öğretimden etkilendiklerini ve dersten hatırladıkları bilgilere dayalı açıklamalar yapmaya çalıştıklarını göstermektedir. Kısmi yanıt veren D2 ve D10 öğrencilerinin yanıtları 10.sınıf kimya dersinde elektronların çift yarıktan girişimine dair izletilen animasyonun etkisinde kaldıklarını da göstermektedir. D2 verdiği yanıtta ışığın tanecik özelliği göstermesini aslında kimya dersinde izlediği animasyona dayandığını kendisi ile yapılan ön görüşmede ifade etmiştir. Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerden D23 ile yapılan ön görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Üçüncü soru hakkında ne düşünüyorsun?

D23: Hem parçacık hem de dalga olduğunu düşünüyorum. Işık fotonlardan oluşur. O nedenle parçacıktır. Işığın dalga boyu kavramını kullanırsanız hep o nedenle de dalgadır dedim.

Araştırmacı: Işığın dalga olduğuna dair başka kanıtların var mı?

D23: Güneş ışınları dünyamıza dalgalar halinde gelir diye düşünüyorum. Bazıları yansır bazıları geçer.

Ön testte kısmen doğru yanıt veren öğrenci D23 kendisi ile gerçekleştirilen görüşmede ışığın foton denilen taneciklerden oluştuğunu belirtmektedir. Ancak ışığın dalga özelliği göstermesine bilimsel bir kanıt gösterememektedir. Ön testteki yanıt gibi ön görüşmedeki yanıtı da bilimsel olarak kısmen doğrudur.

Ön testte öğrencilerin %40'ı D seçeneğini işaretlemiş ancak bilimsel olarak kabul edilemez türden açıklamalar yapmışlardır. Kategorinin özelliğini göstermesi açısından öğrencilerin yanıtları örneklenmiştir.

D4: (D) Geçen yıl kimya dersinde görmüş olduğumuz bir deneyde ışık hem dalga hem de parçacık özelliği gösteriyordu.

D8: (D) Dalga olması ışığın şiddetinin olmasıdır. Parçacık olması da kırılmasıdır.

D15: (D) Çünkü ışık hem doğrusal hem de dalgalar halinde yayılır.

D21: (D) Işık dalga hareketi gösteren tanecikli yapıdır.

D seçeneğini işaretleyen ancak bilimsel olarak doğru kabul edilebilir bir açıklama yapamayan öğrencilerin yanıtları iki grupta toplanmaktadır. İlk grup öğrenci D4 gibi önceki sene kimya dersindeki öğretimi hatırlamaya çalışıp doğru bir açıklama yapamayan öğrencilerden oluşmuştur. Diğer grup da D15 gibi ışığın yayılması üzerinden açıklama yapmaya çalışan öğrencilerden oluşmuştur. Durumu daha detaylı betimleyebilmek için öğrencilere ait ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Üçüncü sorumuz ışık için aşağıdakilerden hangisi doğrudur diye soruyordu.

D20: Geçen yıl biz kimya dersinde biz şeye bakmıştık. Işığın tanecikli yapısı gibi konulara bakmıştık. Deneyler falan vardı. Çift yarık deneyi falan. Orada normalinde doğrusal giderken daha sonra ayrılıp birleşiyordu.

Araştırmacı: Parçacık olduğuna dair kanıtın nedir?

D20: Geçen sene izlemiştik. Bilemiyorum. Deneyler vardı ama isimlerini hatırlamıyorum.

Öğrenci D20 önceki yıl kimya dersinde izletilen videolara dayalı olarak yorum yapmaya çalışmaktadır. Ancak videolar kendisinde anlamlı bir kavramsal iz bırakmamıştır. Işığın doğasına ilişkin doğru bir kavramsal anlamaya sahip değildir.

Araştırmacı: Üçüncü soruda ışık için hangisi söylenebilir diye sormuş ve buna kanıt gösterebileceğini delilleri istemiştik.

D24: Hem dalga hem de parçacıktır. Çünkü girişim deneyi vardı fotoelektrik olay deneyi vardı. Işığın yayılması hem dalga hem de parçacık özelliği gösterdiğini kanıtlıyordu.

Araştırmacı: Fotoelektrik olay dedin bu nedir?

D24: Hocam biz bunları geçen yıl kimya dersinde öğrenmiştik ama ne olduğunu bilmiyorum. Sadece ezber yapmıştık. Girişim hatırlıyorum. Elektronlar gönderiyorduk. Aydınlık karanlık bölgeler oluşuyordu. O da dalga özelliğini kanıtlıyordu.

Araştırmacı: Işığın mı elektronun mu?

D24: Işığın.

Araştırmacı: An önce elektron gönderiyorduk dedin de?

D24: Işığın dalgalı bir yapıya sahip olduğunu kanıtlıyordu.

Araştırmacı: Fotoelektrik olay herhangi bir şeyin kanıtı mıdır?

D24: Işığın tanecikli yapıya sahip olduğunun kanıtı. Ama fotoelektrik olayın ne olduğunu hatırlamıyorum.

Öğrenci D24 ön testte D seçeneğini işaretlemiş ancak bilimsel olarak doğru bir açıklama yapamamıştır. Kendisi ile gerçekleştirilen ön görüşmede ışığın dalga ve tanecik özelliği göstermesine kanıt gösterilebilecek olayları belirtebilmekte ancak bu olayların hangi özellikleri ile kanıt olabildiklerini açıklayamamaktadır. Görüşmede öğrenci D24 önceki yıl kimya dersinde bu olayları ışığın dalga ve tanecik özelliğine kanıt göstermek üzere ezberlediklerini ancak üzerinde gerektiği kadar durmadıklarını ifade etmektedir.

Ön testte öğrencilerin %15'i ışık ile ilgili soruya A seçeneğini işaretleyerek "dalgadır" yanıtını vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda aktarılmıştır.

D7: (A) Işık dalgadır çünkü belli bir boyu ve ölçütü vardır.

D9: (A) Güneş ışınlarının bulutlar arasında geçerken oluşturduğu şekil ışığın dalga olduğunu göstermektedir.

D14: (A) Işık bir madde değil enerjidir.

D17: (A) Geçen sene ışığın dalgaboyu konusunu işledik.

D7 ve D9 öğrencilerin yanıtları sezgiseldir. Önceki yıl kimya dersinde işlenen konuların bu kategorideki yanıtları da etkilediği D17'nin açıklamalarında görülmektedir. D14 öğrencisinin yanıtı dikkat çekicidir. D14 öğrencisi klasik fiziğe dayalı olarak ışık eğer bir enerji ise madde yani parçacık olamaz ancak dalga olabilir şeklinde bir çıkarım yapmıştır.

Ön testte öğrencilerin %5'i ışık için "parçacıktır" diyerek B seçeneğini işaretlemiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D27: (B) Işık dalga olsaydı gölge diye bir şey olmazdı. Milikan'ın Yağ Damlacıkları Deneyi ışığın parçacık olduğuna örnektir.

D36: (B) Işık doğrusal ve düz yayılır. Dalgalar halinde yayılmaz.

Ön testte ışığın parçacık olduğunu iddia eden iki öğrencinin de yanıtları sezgiseldir. D36 öğrencisinin yanıtı daha önceki kategorilerde rastlanan ve ışığın yayılma türüyle açıklama yapmaya çalışan öğrencilerin yanıtlarına benzemektedir.

Ön testte öğrencilerin %5'i C seçeneğini işaretleyerek ışığın dalga ya da parçacıktan biri olduğunu savunmuşlardır. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D1: (C) Çift yarık deneyinde bu ayırım yapılmıştır.

D11: (C) Işık bir enerjidir. Bu nedenle dalga ya da parçacık halinde bulunması gerekir ki enerji olabilsin.

Ön testte öğrencilerin %17,5'i üçüncü soruya "ışık ne dalga ne de parçacık değildir" şeklinde yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D3: (E) Işık doğrular halinde yayılır. Bir kütlesi hacmi olmadığı için nesne değildir.

D19: (E) Işık sapmadan doğru bir şekilde gider.

D32: (E) Bize öğretilene göre dalga değildir. Parçacık hiç değildir. Işık sadece bir enerjidir. Gitmek istediği yere çok hızlı ulaşır.

D35: (E) Işık bir enerjidir. Dalga ya da parçacık değildir.

Öğrenci D3 yayılma türüne odaklanarak ışığın dalga olamayacağını belirtmektedir. Ayrıca kütlesi ve hacmi olmadığı için de parçacık olamayacağını belirtmiştir. D32 ve D35 öğrencileri de ışığın enerji olduğuna odaklanarak madde ya da dalga olamayacağı yönünde fikir öne sürmüştür. Araştırmacı ön test öncesinde, bu kategoride kodlanan yanıt sayısının daha fazla olmasını beklemiştir. Ancak öğrencilerin kimya dersinde izledikleri animasyonlar onları gerçekte inanmadıkları ayrıca açıklayamadıkları fotoelektrik olay, çift yarık deneyi gibi kavramları kullanmaya zorlamaktadır.

5.1.3.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Tablo 5.5' de görüldüğü gibi son testte öğrencilerin %50'si soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Çalışmada uygulanan öğretimin bu öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olduğu söylenebilir. Tam doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Compton olayı ışığın doğası açısından nasıl değerlendirilebilir?

D1: Momentum korunuyor. Tanecik bence.

Araştırmacı: Şekilde bir ışık kaynağı önüne iki aralık konulunca perde üzerinde aydınlık karanlık bölgeler oluşuyor. Bu durum nasıl yorumlanabilir?

D1: Bunu ışığın dalga modeli ile açıklayabiliriz. Çünkü girişimler olmuş. Bazı yerler aydınlık bazı yerler karanlık.

Ön testte bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt veren D1 öğrencisi son test ve son görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrenci kavramlarını uygulanan öğretim sayesinde bilimsel görüşe doğru değiştirmiştir.

Araştırmacı: Fotoelektrik olay hangi yönü ile modern fizik ünitesi içinde işlenmiş olabilir?

D2: Bence fotoelektrik olay klasik fizikle açıklanamaz. Klasik fiziğin yaklaşımı ile ışık madde özelliği gösteremez. Yalnız dalga gibi düşünülür. Modern fizikte fotonun hem dalga hem de madde parçacığı şeklinde açıklanır.

Araştırmacı: Bir ışık kaynağı önüne konulmuş iki yarık ve perdede oluşan deseni görüyoruz. Bu deneyde ekranda oluşan görüntü nasıl açıklanabilir?

D2: Bence bu su dalgalarının girişimi deneyine benziyor. Bazı noktalarda birbiri ile pozitif girişim yapıyor. Bazı yerlerde birbirini soğuruyor. Olay buna benziyor. Işık dalga özelliği gösteriyor.

Ön testte kısmen doğru yanıt veren öğrenci D2 son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Kendisi ile gerçekleştirilen son görüşmede de tam doğru yanıt vermiştir. Öğrenci başlangıçta kimya dersinde önceki yıl öğrendiği bilgiler ile kısmen doğru yanıt vermiştir. Başlangıçtaki bilgileri bilimsel bilgilerle çatışmasa da uygulanan bilişsel çatışmaya dayalı öğretim kendisine bilimsel görüşle tam uyumlu bir kavramsal anlamaya sahip olması noktasında yardım edebilmiştir. Bu durum sonuç ve öneriler kısmında detaylandırılacaktır.

Son testte öğrencilerin %22,5'i doğru seçenекle birlikte kısmen doğru açıklama yaparak, %2,5'i de yalnızca doğru seçeneği işaretleyerek yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklendirilmiştir.

D3: (D) Işık momentumu olan foton adı verilen parçacıklardan oluşur. Işık bazı deneylerde de dalga özelliği gösterir.

D4: (D) Işık bazen dalga bazen tanecik özelliği gösterir.

D14: (D) Işık momentum etkisi yapar. Bu parçacık olduğuna dair bir kanıttır.

D22: (D) ışık çift yarık deneyinde dalga özelliği gösterir. Fotoelektrik olay ve tek yarıktaki kırınım gibi olaylarda ise parçacık özelliği gösteriyor.

D25: (D) Işık foton denilen parçacıklardan oluşur. Bu olay fotoelektrik olayda kanıtlanmıştır.

Son testte kısmen doğru yanıt verip kendisi ile son görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Fotoelektrik olay ve Compton olayı arasında farklılık var mıdır?

D4: Işık Compton Olayında tanecik özelliği gösteriyor. Momentum ve enerji korunuyor. Fotoelektrik olayda ise bu fotonlar soğruluyor.

Araştırmacı: Diğer soruma geçiyorum.

D4: Perdedeki desen.

Araştırmacı: Evet. Bir ışık kaynağı önüne iki dar yarık konulduğunda perdede şekildeki gibi bir desen oluşuyor.

D4: Bu deney yapılırken hem elektron hem de ışık dalga ve elektron hem dalga hem tanecik özelliği gösteriyor. Gönderdiğim ışık iki kesikten geçerek dalga gibi davranıp kesiklik kesikli modeller oluşturuyor.

Öğrenci D4'ün son testte nitelik açısından zayıf yanıt verdiği, aslında ışığın doğasına yönelik fikirlerinin bilimsel görüşle tam uyum içinde olduğu, kendisi ile yapılan son görüşmede ortaya çıkarılmıştır.

Araştırmacı: Fotoelektrik olay hangi özelliği ile modern fizik ünitesi içinde işlenmiş olabilir?

D25: Işık modern fizikçilere göre kesikli kesiklidir. Fotonlardan oluşur.

Araştırmacı: Compton olayı ışığın doğası açısından nasıl yorumlanabilir?

D25: Compton Olayında ışık tanecik özelliği gösterir.

Araştırmacı: Bir ışık kaynağı önüne iki dar yarık konulduğunda perdede şekildeki gibi bir desen oluşuyor.

D25: Burada ışık dalga özelliği gösteriyor. Ama bunu ben çok anlamadım zaten modern fizikçiler de anlamamıştı. Elektron dalga özelliği gösteriyordu burada.

Araştırmacı: Kaynağımız ışık, elektron değil.

D25: Tamam o zaman. Işık dalga özelliği gösteriyor.

Öğrenci D25'in de öğrenci D4'de olduğu gibi son testte nitelik açısından zayıf yanıt verdiği, aslında ışığın doğasına yönelik fikirlerinin bilimsel görüşle tam uyum içinde olduğu, kendisi ile yapılan son görüşmede ortaya çıkarılmıştır. Kısmen doğru yanıt veren ve kendisi ile son görüşme yapılan öğrencilerin kavramsal anlamaları da göz önüne alındığında yapılan öğretimin, öğrencilerin ışığın doğasına ilişkin fikirlerini bilimsel görüşe doğru değiştirmelerinde onlara yardımcı olduğu görülmüştür.

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %17,5'i MFKT'deki üçüncü soruya doğru seçeneği işaretleyip bilimsel olarak kabul edilemez türden açıklamalar yapmıştır. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D7, D17, D27, D30, D31: (D) Işık bazen dalga bazen tanecik özelliği gösterir.

D11: (D) Işık olaya göre dalga ve parçacık özelliği gösterir.

Öğrencilerin yanıtlarına bakıldığında ışığın hem dalga hem de parçacık özelliği gösterdiği belirtilmekte ancak bu duruma kanıt gösterilebilecek olayların vurgulanmadığı görülmektedir. Öğrenciler niteliksiz yanıtlar vermiştir. Öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılan D31'e ait son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Bir ışık kaynağı var. Karşısına konulmuş dar iki yarık perde üzerine şekildeki desen oluşuyor. Bu olayı nasıl açıklarsınız.

D31: Işık hem tanecik hem de dalga özelliği gösteriyor. Burada su dalgalarında olduğu gibi ışık dalga özelliği göstermiş. Ancak tek yarık olursa ışık tanecik özelliği gösterir.

Öğrenci ışığın dalga özelliği gösterdiği durum için çift yarık deneyini öne sürmüştür. Ancak ışığın tanecik özelliği gösterdiği duruma ilişkin doğru bir kanıt gösterememektedir. Öğrenci D31'in görüşmelerdeki yanıtı bu nedenle kısmen doğru olarak kodlanmıştır.

Son testte öğrencilerin %5'i A seçeneğinin işaretlendiği kabul edilemez türden açıklama içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda aktarılmıştır.

D32: (A) yanıt vermemiştir.

D35: (A) Parçacık değildir. Çünkü maddesel olan hiç bir şeyin ışık hızına ulaşması mümkün değildir.

D35 öğrencisinin öğretim aşamalarında ikna edilemediği açıktır. Öğrenci ön testte "ışık bir enerjidir o nedenle dalga ya da parçacık olamaz" şeklinde yanıt

vermiştir. Son testte de benzer şekilde ışığın madde etkisi yapabileceği fikrini reddetmektedir. Açıklamasını da özel görelilik kuramının temellerine dayandırmaktadır.

Son testte öğrencilerin %2,5'i B seçeneğinin işaretlendiği kabul edilemez türden açıklama içeren yanıt vermiştir. Öğrencinin yanıtı aşağıda verilmiştir.

D33: (B) Işık paketler halinde yayılır.

Öğrencinin ışığın tanecik modeline ilişkin ikna olduğu ancak dalga özelliği göstermesi bakımından ikna edilemediği görülmüştür. Öğrencinin bu durumu sonuç ve öneriler kısmında tartışılacaktır.

5.1.3.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Tablo 5.5' de görüleceği üzere gecikmiş son testte öğrencilerin %50'si MFKT'deki üçüncü soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra bile öğrencilerin soruya tam doğru yanıt vermeleri, kavramsal değişimi güçlü olarak yaşadıklarını açıkça ortaya koymuştur. Öğretimdeki tartışmalar, grup çalışmaları ve kullanılan materyaller öğrencilerin öğrendikleri bilgileri kalıcı olarak öğrenmelerini de sağlamıştır.

Gecikmiş son testteki ışığın doğası ile ilgili üçüncü soruya tam doğru yanıt veren ve kendisi ile gecikmiş son görüşme yapılan öğrencilere ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Işığın tanecik modeli ile açıklanan bir olay biliyor musun?

D2: Compton olayı ışın kaynağından ışınlar saçılıyordu. Elektronla çarpıp saçılıyordu altın levhaya doğru gidiyordu. Bu olay ışığın tanecik modeli ile açıklanan bir olaydı.

Araştırmacı: Üçüncü soruya bakarsak özetle ışık ile ilgili fikriniz nedir?

D2: Bu durumda Hem dalga hem de parçacıktır. Dalga özelliği gösteren sudaki su dalgalarında girişim ve kırınım olayında olduğu gibi ışıktaki da girişim ve kırınım gibi bir olay gözlenir. Parçacık olduğunu gösteren durumsa çift yarık mıydı tek yarık

miydi tam olarak hatırlayamadım ama o deneyde de elektron parçacık şeklinde karşı levhaya çarpıyordu.

Araştırmacı: Az önce elektron dedin.

D2: Pardon ışık.

Öğrenci D2 gecikmiş son testte olduğu gibi gecikmiş son görüşmede de bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. İkinci sorunun analizi bölümünde daha önce aktarılan Öğrenci D2'nin Compton Olayı'na ilişkin yaşadığı karmaşa görüşmenin bu bölümünde de sürmektedir. Bununla birlikte Öğrenci D2 ışığın doğasına yönelik fikirlerini bilimsel görüşe doğru değiştirmiştir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %25'i D seçeneğinin işaretlendiği kısmen doğru açıklamalar içeren yanıtlar vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları daha önce son testten elde edilen bulgular bölümünde örneklenmiştir. Kısmen doğru yanıt veren öğrenciler ile yapılan gecikmiş son görüşmelere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Hem dalga hem de parçacıktır demişsin. Compton olayında tanecik özelliği gösterir demişsin. Dalga özelliğine dair bir kanıt yazmamışsın.

D1: Aklıma gelmemişti ama... Dalga özelliği...Compton olayı mıydı?... Sanırım Compton olayında dalga özelliği var.

Araştırmacı: Son testteki yanıtına bakarsak Compton Olayında tanecik özelliği, de Broglie deneyinde dalga özelliği demişsin.

D1: Compton olayı momentumun korunumu ile alakalıydı tamam.

D1 öğrencisi gecikmiş son testte ve gecikmiş son görüşmede kısmen doğru yanıt vermiştir. Öğrencinin ışığın dalga özelliğine ilişkin bir kanıt gösteremediği görülmüştür, Ayrıca görüşmenin ilerleyen bölümlerinde hatasını düzeltmiş olsa bile Compton Saçılmasının ışığın dalga özelliği göstermesine kanıt olabilecek bir olay olduğunu ifade etmiştir. Öğrenci ışığın doğasına ilişkin güçlü bir kavramsal değişim yaşayamamıştır. Son test ve görüşmede tam doğru yanıt veren öğrenci D1 kavramsal değişimi zayıf olarak yaşamış olduğundan öğretim üzerinden geçen uzunca süre kendisi için olumsuz etki oluşturmuştur. Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerden biri de D4' dür. Kendisine ait gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Işıkla ilgili fikirleriniz nedir diye sormuştum.

D4: Compton olayında aslında ışık maddeye özgü momentum gibi özellikleri üstlenmiş oluyor. Işık aslında bir tanecik gibi davranmış oluyor. Neden dalgadır. Karacisim sıcaklığı artırıldığında maddeden yayılan ışımanın dalga boyu değişiyor. Işığın rengi değişiyor. Bu durumda ışığın dalga olduğunun bir kanıtı.

Öğrenci D4 kendinden emin ifadeleri ile bilimsel olarak tam doğru açıklamalar yapmıştır. Gecikmiş son testte nitelik olarak zayıf yanıt verdiği aslında görüşlerinin bilimsel olan ile uyumlu olduğu gecikmiş son görüşmede ortaya çıkarılmıştır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %10'u soruya açıklama yapılmadan D seçeneğinin işaretlendiği yanıtlar vermiştir. Işığın hem dalga hem de parçacık özelliği göstermesi kalıplaşmış bir cümle olarak öğrencilerin zihninde kalmıştır. Ancak öğrencilerde güçlü bir kavramsal değişim gerçekleşmediğinden öğrenciler ışığın ikili doğasına yönelik kanıt gösterebilecek fiziksel durumları ifade edememiştir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i D seçeneğinin işaretlendiği ancak açıklamaların bilimsel olarak doğru kabul edilemeyeceği yanıtlar vermiştir. Ayrıca öğrencilerin %5'i A seçeneğini işaretleyerek ışığın yalnız dalga olduğunu, %2,5'i de B seçeneğini işaretleyerek ışığın yalnız parçacık olduğunu ileri sürmüştür. Öğrencilerin %2,5'i E seçeneğini işaretlemiş ışığın dalga ya da parçacık olamayacağını iddia etmiştir. D35 öğrencisi son testte olduğu gibi gecikmiş son testte de ışığın bir kütlesi ve hacmi olmadığı için bir parçacık ve dalga olarak değerlendirilemeyeceğini ifade etmiştir.

5.1.3.4 Tartışma

Öğrenciler, önceki yıl kimya dersindeki Atomun Yapısı adlı 1. ünite de ışığın ikili doğasına kanıt gösterilebilecek olan Fotoelektrik Olay, Çift Yarıktaki Girişim gibi olayları öğrendiklerinden dolayı ön testte soruyu kısmen doğru yanıtlayabilen bir öğrenci grubu (%15) bulunmaktadır. Bu öğrenciler ile gerçekleştirilen ön görüşmeler

öğrencilerin aslında bilimsel bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir.

Ön testte öğrencilerin %40'ı gibi büyük bir çoğunluğu D seçeneğinin işaretlendiği ancak açıklamaların bilimsel olarak doğru kabul edilemeyeceği türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin bilimsel açıklamalar yapamamalarındaki neden öğrenci D24'ün ön görüşme diyaloglarında ortaya çıkarılmıştır. Öğrenci önceki yıl kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinde ışığın ikili doğasına kanıt gösterilecek Fotoelektrik Olay ve Çift Yarıktaki Girişim gibi konuların isimlerini ezberlediklerini, konuların detaylarına girmediklerini ifade etmiştir. Örneğin Fotoelektrik Olayın, neden ışığın tanecik modeline kanıt olabilecek bir fiziksel durum olduğu açıklanmadığından, öğretimöğrencilerde doğal olarak kalıcı bir iz bırakmamıştır. Kısmen doğru yanıt veren bir grup öğrencinin de önceki yıl kimya dersinde öğrendikleri bilgilerden ziyade ışığın yayılma türünden yola çıkarak açıklama yapmaya çalıştıkları görülmüştür. Örneğin ışığın dalgalar halinde yayılan ve taneciklerden oluşan bir enerji olduğunu belirttikleri görülmüştür. Yanıtların detayları bulgular bölümünde görülebilir.

Işığın tanecikli yapısı 11.sınıf, ışığın dalga doğası ise 12.sınıf fizik dersi öğretim programlarında yer alan konulardır. Bu nedenle ön testte öğrencilerin E seçeneğinin işaretlendiği ışığın dalga ya da tanecik olamayacağını belirten yanıtı vermeleri beklenmiştir. Ancak önceki yıl kimya dersinde öğrenciler ışığın ikili doğasına ilişkin öğretime katıldıklarından dolayı sağlam kavramsal temellere dayanmasa dahi öğretimden hatırladıkları kadarıyla yanıt vermeye çalıştıkları görülmüştür. Öğrenciler çoğunlukla ışığın hem dalga hem de parçacık özelliği göstereceği yönünde yanıtlar vermiştir. Ancak son ve gecikmiş son testten elde edilen bulgular bölümlerinde detaylarının görüldüğü gibi çoğunun ışığın ikili doğasına ait görüşleri bilimsel değildir. Ayrıca nadiren de olsa ışığın yalnız parçacık ya da yalnız dalga olduğunu belirten öğrencilerin de bulunduğu görülmüştür. Öğrencilerin işaretledikleri yanıtlara kanıt olarak yazdıkları açıklamaların ise sezgisel olduğu görülmüştür. Ayrıca E senegini işaretleyip ışığın dalga ya da parçacık olamayacağı yönünde görüş öne süren öğrencilerin açıklamalarında klasik fiziğe dayalı yanıtlar verdikleri görülmüştür. Öğrencilerin ışığın madde olamayacağını çünkü kütlesi ve hacminin olmadığı yönünde fikirlere sahip oldukları

görülmüştür. Önceki yıl kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinde gerçekleşen öğretim bu öğrencilerde herhangi bir görüş değişikliği gerçekleştirilememiştir.

Son testte öğrencilerin %50'si tam, %25'i kısmen doğru olmak üzere toplam %75'i üçüncü soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Işığın ikili doğası işlenen derslerde doğrudan bir konu başlığı olarak işlenmiş olsa da siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay, Compton Olayı gibi konularda yapılan tartışmalar, açıklamalar ve çalışılan simülasyonların öğrencilerin ışığın ikili doğasına yönelik fikirlerini bilimsel görüşe doğru değiştirmelerinde onlara yardımcı olduğu düşünülmektedir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %50'si tam, %35'i kısmen doğru olmak üzere toplam %85'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Son testten gecikmiş son testte kabul edilebilir yanıtların sayısında az da olsa artış olduğu ve bu artışın açıklama yapılmadan yalnızca doğru seçimin yapıldığı yanıtlar olduğu görülmektedir. Genel olarak öğretim üzerinden geçen zaman, öğrencilere yeni kavramlar üzerinde düşünme ve kavramları yeni durumlara uygulama gibi noktalarda fırsat vermiştir. Böylelikle öğrenciler kendi fikirlerini terk edip bilimsel görüşe yaklaşmıştır. Ancak kavramsal değişimi zayıf olarak gerçekleştiren öğrenciler için zaman olumsuz etki yapmıştır. Örneğin D35 öğrencisi ön testte kütlesi ve hacmi olmadığı için ışığın parçacık ve dalga olamayacağını belirtmiştir. Son testte ışığın dalga özelliği gösterdiği yönünde yanıt veren D35 öğrencisi, gecikmiş son testte tekrar eski yanıtına dönmüştür. Gecikmiş son testteki yanıtında ışığın deneylerde her iki özelliği gösterdiğini ancak ışığın bir özelliği dikkate alındığından diğer özellikle çeliştiğini bu nedenle ışığa "sen busun" demenin doğru olmayacağını belirtmiştir. Burada öğrenci bilimsel görüşle kendi görüşünün bir sentezini yapmıştır.

Bu araştırmada kavramsal değişim stratejilerine dayalı öğretimin yapıldığı eğitim araştırmaları için önemli bir sonuç daha ortaya çıkarılmıştır. Gecikmiş son test deneysel çalışmalara ait sonuçların daha doğru görülmesini sağlamaktadır. Birçok örnekten yalnızca biri D34 öğrencisidir. Son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci D34 gecikmiş son testte fotoelektrik ve Compton olaylarının ışığın hem dalga hem de parçacık özelliğini kanıtlayan durumlar olduğunu ifade etmiş ve bilimsel olarak kabul edilemez türden bir yanıt vermiştir. Kimi öğrenciler için zaman

kavramsal değişimde olumlu kimileri içinse olumsuz etki yapmaktadır. Bu nedenle kavramsal değişimine yönelik çalışmalarda gecikmiş son test önem arz etmektedir.

Yalnızca görüşme yapılan öğrencilerin kavramsal değişimlerini daha detaylı inceleyebilmek amacı ile oluşturulan bireysel gelişim tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.6: Görüşme yapılan öğrencilerin üçüncü sorudaki bireysel gelişimi.

KATEGORİ	ÖN		SON		GECİKMiŞ	SON
	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1	D12	<u>D12</u>	D1,D2,D9, D12,D16,D20 D21,D23, D24,D26	<u>D1,D2,D4,D9</u> <u>D12,D16,D20,</u> <u>D21,D22,D23,</u> <u>D24, D25</u>	<u>D2,D9,D16</u> <u>D20,D21,</u> <u>D22,D23,</u> <u>D24,D25,D26</u> D31	<u>D2,D4,D9</u> D12,D16,D20 <u>D21,D22,D23,</u> <u>D24,D25,D31</u>
A.2	D2,D23	<u>D23</u>	D4,D22, D25	<u>D26,D31</u>	<u>D1,D4,D12</u>	<u>D1</u>
B.1	D4,D16,D20, D21,D22,D24 D25,D26,D31	<u>D2,D4,D16,</u> <u>D20,D21,D22</u> <u>D24,D25,D26</u> <u>D31</u>	<u>D31</u>			<u>D26</u>
B.2	D9	<u>D9</u>				
B.4	D1					
Yanıtız		<u>D1</u>				

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim

Tablo 5.6' da görüldüğü gibi öğrenci D12 araştırmanın başından sonuna ışığın ikili doğasına ilişkin bilimsel olarak kabul edilebilir fikirlere sahiptir. D2, D9, D20, D21, D22, D23, D24, D25 öğrencileri son testten itibaren bilimsel olarak kabul edilebilir kategoriler olan A1 ve A2'de yer almıştır.

Son test ve görüşme, gecikmiş son test ve görüşmelerdeki koyu ve altı çizili yazılar araştırmada uygulanan öğretimin öğrencilerin ışığın ikili doğasına yönelik kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında ne kadar başarılı olduğunu göstermiştir. Son testte ve gecikmiş son görüşmedeki birer öğrenci dışında tüm öğrencilerin son test, gecikmiş son test ve görüşmelerdeki fikirleri bilimsel olarak kabul edilebilir durumdadır.

Özellikle D26 ile yapılan gecikmiş son görüşmede öğrenci, siyah cisim ışımmasının ışığın dalga özelliği ile açıklanan bir olay olduğu fikrini öne sürmüştür. Öğrencinin son test yanıtı tam doğru olarak kodlanmış olsa da ışığın ikili doğasına ilişkin kavram yanılması bulunmaktadır. Öğrencinin gecikmiş son görüşmedeki yanıtı kabul edilemez türdendir. D26 ile yapılan gecikmiş son görüşme eğitim araştırmaları için önemli bir sonucu ortaya çıkarmıştır. Kavram testlerindeki sorular her ne kadar açık uçlu olsalar da öğrencinin kavramsal anlaması ile ilgili yeterli bilgi veremeyebilmektedir.

5.1.4 MFKT'deki Siyah Cisim Işıması ile İlgili Dördüncü Soruya İlişkin Bulgular

MFKT'de öğrencilerin siyah cisim ışımı ile ilgili fikirlerini ortaya çıkarmak için sorulan dördüncü soru Şekil 5.10'da görülmektedir. Öğrenci yanıtlarının bilimsel olarak tam doğru kabul edilebilmesi için öğrencilerden (a) bölümünde maddenin sıcaklığı arttığında atomların ve elektronların titreşim hareketlerinin artacağı ve ışımaya yapacakları, kimi elektronların uyarılarak üst enerji düzeylerine geçeceği ve tekrar temel hale inerken ışımaya yapacakları yönünde yanıtlar beklenmektedir.

4.



Şekil a Şekil b

A. Demirciler demiri işleyebilmek için yüksek sıcaklık değerlerine kadar ısıtırlar (Şekil a). Demir ateşten alındıktan sonra (Şekil b) etrafına ışık saçar. Demirin etrafına ışık yayması olayına bir açıklama getirebilirsiniz?

B. Şekil b'de sarı ışık yayan demir görülmektedir. Bu demir parçasının kırmızı ya da mavi ışık yayması mümkün müdür? Mümkünse demirciye ne yapmasını önerirsiniz?

Şekil 5.10: MFKT'deki siyah cisim ışımı ile ilgili dördüncü soru.

Şekil 5.10'da görüldüğü gibi sorunun (b) bölümünde öğrencilere demir parçasından kırmızı ya da mavi ışık çıkmasının mümkün olup olmadığı sorulmuştur. (b) bölümünde demirin sıcaklığının mavi ışık için artırılması, kırmızı ışık için ise azaltılması gerektiği yönünde gelecek açıklamalar bilimsel olarak tam doğru kabul edilecektir. Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden beş ay süre sonra uygulanan MFKT'deki dördüncü soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.7 oluşturulmuştur.

Tablo 5.7: MFKT'deki dördüncü sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar			
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	14 (35,00)	13 (32,50)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	1 (2,50)	19 (47,50)	15 (37,50)
Ara Toplam 1	0	33 (82,50)	28 (70,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. Modern Fiziğe Dayalı Yanıtlar	7 (17,50)	7 (17,50)	6 (15,00)
2. Klasik Fiziğe Dayalı Yanıtlar	14 (35,00)	0	0
3. Sezgisel Yanıtlar	15 (37,50)	0	4 (10,00)
Ara Toplam 2	36 (90,00)	7 (17,50)	10 (25,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	3 (7,50)	0	1 (2,50)
D. Yanıtsız	0	0	1 (2,50)
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Öğrencilerin ön testte verdiği yanıtların Tablo 5.7' deki analizlerine bakıldığında, açıklamaların özellikle klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıtlar kategorilerinde toplandıkları görülmektedir. Öğrencilerin klasik fiziğe dayalı yanıt vermelerinin nedeni olarak zihinlerindeki sıklıkla kullandıkları ve derin köklere sahip yapılar gösterilebilir. Öğrencilerde kullanabilecekleri modern fiziğe dayalı modeller olmadığından dolayı verilen durumu sıklıkla kullandıkları klasik fiziğe dayalı modeller ile açıklamaya çalışmaktadırlar. Sezgisel yanıt veren öğrencilerin de durumu klasik fizik bilgileri ile açıklayamadıkları için testteki soruya tahminlerde bulunarak açıklama yaptıkları görülmüştür. Bu durumlar bir sonraki başlıklarda örneklerle açıklanacaktır.

Ön testte öğrencilerin modern fiziğe dayalı yanıtlar verdikleri de görülmektedir. Bu öğrencilerin yanıtlarının dayandığı temeller, ayrıca bu tür yanıtları verip kendisi ile görüşme yapılan öğrencilerin kavramsal anlamaları ileride bulgular bölümde daha detaylı olarak incelenecektir.

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %82,5'inin, öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan gecikmiş son testte ise öğrencilerin %70'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür. Tablo 5.7 genel olarak bu araştırmada uygulanan bilişsel çatışmaya dayalı öğretimin, öğrencilerin siyah cisim ışınması konusuna yönelik kavramsal değişim süreçlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğunu göstermiştir. Tablo 5.7'ye ait detaylı bilgiler aşağıda başlıklar altında verilecektir.

5.1.4.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim öncesinde uygulanan ön testte MFKT'deki siyah cisim ışınması ile ilgili dördüncü soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Ön testte MFKT'deki dördüncü soruya öğrencilerin %2,5'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Bu öğrencinin yanıtı aşağıda aktarılmıştır.

D3: A. Isınan demirdeki atomların veya elektronların hareketlerinin hızlanması sonucu çarpışmalarından dolayı ortaya çıkıyor olabilir.

B. Belki de daha yüksek sıcaklıkta mavi gibi farklı renklerde görülebilir. Demircinin demiri daha fazla ısıtması gerekir.

D3 öğrencisi yanıtından da anlaşılacağı gibi bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilecek tahminler yapmaktadır.

Öğretim öncesinde uygulanan ön testte öğrencilerin %17,5'i soruya modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Kategorinin özelliğini yansıtmaması açısından öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D9: A. Isı enerjisi eksi yüklü tanecikleri harekete geçirip birbiri ile daha fazla etkileşime geçmelerini sağlanmıştır. Böylece etrafa ışık saçar.

B. Mümkündür. Daha fazla enerji verilirse veya daha az enerji verilirse mavi ya da kırmızı renkte ışık yayabilir.

D22: A. Ateşteki enerji, enerji dönüşümüne uğrayarak ısı ve ışık olarak demire aktarılmıştır.

B. Tabiki de mümkündür. Çünkü yıldızların bile kırmızı, mavi, sarı diye soğuk veya sıcaklığına göre renkleri vardır. Biraz daha ısıtırsa kırmızı daha sonra mavi rengine gelebilir.

D29: A. Demirde sıcaklık artışından dolayı hareket enerjisi artar. Bu nedenle ışık saçar.

B. Evet mümkündür. Verilen ısının artırılıp azaltılmasına bağlıdır.

Maddeye verilen ısının ya da maddenin sıcaklığının değiştirilmesinin maddenin görüldüğü rengi değiştirebilmesi mantığı bu yanıtların modern fiziğe dayalı kabul edilemez yanıtlar altında toplanmasına neden olmuştur. Bu kategorideki öğrencilerin yanıtları incelendiğinde, D9'un verilen enerjinin demirden yayılan ışığın rengini değiştireceği yönünde bir fikri olduğu, ancak A bölümünde demirin ışık yayma olayını açıklayamadığı görülmektedir. Öğrenci D22 daha önce kimya dersinde konuştukları, yıldızların sıcaklıklarının renklerini etkilediği gerçeğinden hareketle açıklama yapmıştır. Ancak verilen ısı arttıkça rengin kırmızı olabileceğini savunmaktadır. Bu karmaşa kısmi yanıt veren birçok öğrencide de görüldüğünden D22'nin yanıtı özellikle yukarıda örneklenmiştir. Öğrenciler verilen ısıya göre demirin renginin değişeceğini belirtmekte ancak ısının daha az ya da daha çok verildiği durumların hangisinde mavi rengin oluşacağına karar verememektedir. Durumu daha detaylı inceleyebilmek amacı ile ön testte kısmen doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda demirin ışık yayma nedenini sormuştuk. Düşüncen nedir?

D23: Demirin içinde de yine parçacıklar var. Isıttığımızda bu parçacıkların enerjisi artar. Bu yüzden ışık saçarlar demiştim. Enerjileri arttığı için ışık saçarlar dedim hocam ben buna.

Araştırmacı: Demiri alsak sobanın üstüne koysak birazcık ısıtsak yine ışık saçar mı etrafına?

D23: Bunun belki bir sınırı vardır. O sınırdan sonra olabilir. Belli bir sınırdan sonra ışık yaymaya başlayabilir.

Araştırmacı: Yani diyorsun ki enerjinin bir sınırı vardır.

D23: Bu sınırdan sonra ışık yaymaya başlayabilir.

Araştırmacı: Belirli sıcaklığa kadar yaymaz belirli sıcaklıktan sonra mı yayar?

D23: Evet.

Araştırmacı: b bölümünde demirden sarı ışık çıkarken kırmızı ve mavi ışık çıkarmak mümkün müdür diye sormuştuk.

D23: Bu yine enerji miktarını artırdığımızda kırmızı sonra sarıya falan dönüşebilir.

Araştırmacı: Maviye dönüşür mü?

D23: Şöyle bir şey biliyorum genç olan güneşler genelde mavi renkte oluyor. Genç yıldızlar enerjileri yüksek olduğu için mavi gözükebilir. Yaşlı yıldızlar genelde kırmızı renktedir.

Öğrenci D23, demirin ışık yayma olayına bilimsel olarak doğru bir açıklama yapamamıştır. Ayrıca demirin etrafına ışık yayması olayının ancak belirli bir sıcaklık değerinden sonra başlayabileceğini düşünmektedir. Öğrencinin mutlak sıcaklığın üzerindeki her sıcaklıkta ışıma olabileceğinin farkında olmadığı görülmüştür. Daha önceden duyduğu genç ve enerjisi yüksek yıldızların renklerinin genelde mavi olduğu bilgisine dayanarak sorunun B bölümünü doğru biçimde açıklamıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda etrafına ışık yayan demir parçası görüyoruz. Bu durumu açıklayabilir misin?

D31: Isıtıldıkça zaten o da bir enerjiye dönüşüyor. Atomlar arasında hızlı hareketler meydana geliyor. Çarpışmalar sayesinde ışık meydana geliyor.

Araştırmacı: Işık yaymasının nedeni ne?

D31: Atomların çok fazla hareketliliği. Çok fazla ısıdan.

Araştırmacı: Sobanın üzerine demir parçasını koyduk ve küçük bir miktar beklettik. O da etrafına ışık saçar mı?

D31: Yaymaz. Yeterli ısıya orada ulaşamaz. Zaten işleyebilmeleri için çok yüksek bir ısı lazım. Sadece ısınır, hareketlilik başlar ama ışıma yapmaz.

Araştırmacı: Hiç ışıma yapmaz mı?

D31: Yapmaz.

Araştırmacı: Işımanın gerçekleşmesi için bir alt sınır mı var?

D31: Bence var.

Araştırmacı: B bölümüne bakarsan nasıl bir yanıt verirsin?

D31: Mavi için emin değilim. Isı değiştirilerek ben onun farklı renkte ışıklar saçabileceğine inanıyorum. Mesela daha fazla ısıtarsa kırmızı gibi olmaya başlar sonra sararır. Ne kadar ısı verirsek o kadar renginin açılacağını yani değişeceğini söyleyebilirim.

Öğrenci D31 demirin etrafına ışık yayması olayını maddenin iç dünyasındaki hareketliliğin artmasına bağlamaktadır. Öğrenci D23'ün görüşme diyaloglarında görülen durumun benzeri öğrenci D31'de de görülmüştür. Soba üzerinde küçük bir süre ısıtılan demirin hiç ışımaya yapmayacağını düşünmektedir. Burada öğrencinin, mutlak sıcaklığın üzerindeki sıcaklık değerlerine sahip olan maddelerin ışımaya yapabileceklerinin farkında olmadığı ve spektrumun görünmeyen bölgelerinden de haberdar olmadığı anlaşılmaktadır. Öğrenci görüşmenin son bölümlerinde verilen ısının demirin rengini değiştirebileceğini sezgisel olarak yorumlamıştır. Ancak demire verilen ısı artırıldığında demirin renginin sarıdan kırmızıya döneceği yönünde bilimsel olarak kabul edilemez bir fikre sahip olduğu görülmektedir.

Ön testte öğrencilerin %35'i soruya klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Bu durum modern fiziğe dayalı zihinsel modellere sahip olmayan öğrenciler için beklendik bir durumdur. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin ön testteki dördüncü soruya verdikleri yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D5: A. Demir atomlarının hareketleri artmıştır ve gelen ışını daha fazla ve şiddetini artırarak yansıtırlar.

B. Demir çok fazla ısıtılırsa kırmızı ışık yayabilir. Mavi ışığı yayması için daha fazla ısıtılabilceği bir güce sahip olması gerekir.

D6: A. Demir yüksek sıcaklık değerlerine kadar ısıtıldığından ateşten ısı ve ışık alır ve bu aldığı enerjiyle etrafına ışık yayar.

B. Mümkün değildir. Bu sarı ışığın renginin nedeni demirin kendi atom yapısı, kimyasal yapısından kaynaklanır. Bu nedenle demir sarı ışık yayar. Kırmızı ya da mavi ışık yaymaz.

D7: A. Demir ısıtılırken enerji almış ve bu enerjinin bir kısmını ışık olarak kullanıyor olabilir.

B. Mümkün olabilir. Daha fazla ısıtılabilir.

D10: A. Demirde ısıdan dolayı enerji artışı olmuştur. Isı enerjisinin bir kısmı ışık enerjisine dönüşmüştür.

B. Mümkündür. Enerjisi arttıkça, yani yüksek sıcaklıklara ısıtıldığında renk değişebilir.

D24: A. Demir elementi normalde nötr bir elementtir ve doğada katı halde bulunur. Yüksek sıcaklık değerinde ise demir elementi katı halden plazma haline geçerek etrafı aydınlatmıştır.

B. Mümkündür. Eğer farklı bir madde O_2 ile tepkimeye girseydi farklı renk ateş olurdu bu da demirin farklı renkte görünmesini sağlardı. Veya sıcaklık değerinin farklı olması renkleri etkiler.

Klasik fiziğe dayalı yanıt veren D5 öğrencisi ısıtılan demir atomlarının hareketlerinin artacağını böylelikle üzerine düşen ışığı daha fazla ve şiddetini artırarak yansıtacağını belirtmiştir. Ayrıca sarı ışık yayan demir ısıtıldığında kırmızı ışık yayabileceğini belirtmiştir. Öğrenci D24 demirin etrafına ışık yayması olayını maddenin plazma halinin oluşmasına bağlamaktadır. Öğrencinin durumu florasan lambanın çalışma ilkesine benzettiği düşünülmektedir. D7 ve D10 öğrencilerinin de demirin etrafına ışık yayması olayına açıklık getirememiş oldukları, durumu enerjinin korunumu yasası ile açıklamaya çalıştıkları görülmektedir. D6 ve D24 öğrencileri sorunun B bölümüne verdikleri yanıtta kimya dersinde öğrendiklerine atıf yaparak her elementin kendine göre bir renk oluşturacağını belirtmektedir.

Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin kavramsal anlamalarını daha da derinlemesine inceleyebilmek için ilgili kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda demirin ışık yayma nedenini sormuştuk. Düşüncen nedir?

D12: Ben demirdeki ve çekirdeğin içindeki taneciklerin çok yüksek enerjilere sahip olduklarından ışıma yaptıklarını düşündüm.

Araştırmacı: Çok yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılan maddeler ışıma mı yapar?

D12: Yani bir anda belli bir yüksek enerjiye sahip olan maddeler ışıma yapar.

Araştırmacı: Demir parçasını aldık sobanın üzerinde kısa bir süre beklettik ve aldık ışıma çıkar mı ondan?

D12: Çıkmaz. Aldığı enerjiyi hava ile ısı alışverişi yaparak aldığı ısıyı verecek. Ancak sobanın içine atarsak ışıma yapmaya başlayabilir.

Araştırmacı: Şunu anlamalyım değil mi? Sana göre ışıma yapma sınırı var. Belirli bir sıcaklık değeri.

D12: Evet

Araştırmacı: B bölümünde sarı yerine kırmızı ya da mavi ışık çıkması mümkün müdür?

D12: Daha yüksek enerjileri olan metaller daha farklı renklerde ışıma yapabilir ama verdiğim yanıtta emin değilim.

Araştırmacı: Cevabında mümkün değildir. Her madde farklı dalgaboyunda ışıma yapar demişsin.

D12: Evet aslında maddenin değişmesi gerekiyor.

Öğrenci demirin etrafına ışıma yapması olayına net bir açıklama getirememektedir. Ayrıca maddenin etrafına ışıma yapması için belirli bir sınır olduğu görüşündedir. Öğrenci her maddenin belirli dalga boyunda ışıma yapacağını bu nedenle maddeden farklı renkte ışık almak istiyorsak onun türünü değiştirmemiz gerektiğini belirtmektedir.

Klasik fiziğe dayalı yanıt veren ve kendisi ile ön görüşme yapılan öğrenci D24'e ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda demirin ışık yayma nedenini sormuştuk.

D24: Isı aldığı için bunlar yükleniyor. Elektronlar hareket ediyor hareket edince ışık saçılıyor.

Araştırmacı: Katı halden plazmaya geçerek demişsin.

D24: Nasıl demişim ben bunu. Sanırım floresan lamba ile karıştırmışım.

Araştırmacı: Az öncede ısındıkça madde yüklenir dedin.

D24: Evet yüklenir. Elektronlarla yüklenir. Yüklenince saçılma olur. Işık saçır.

Araştırmacı: Normal bir demiri alıp soba süzerine koysak bir dakika bekletsek demir etrafına ışık yayar mı?

D24: Yapmaz. Yüksek bir enerji yok. Belirli bir enerjiye ulaşmak gerekir.

Araştırmacı: Sarı yerine bu metalin kırmızı ve mavi ışık yayması mümkün mü?

D24: Kırmızı olması için sıcaklığı artırmalı bir kere. Sıcaklık artınca daha fazla ışık yayar. Bu da onun rengini değiştirir. Mavi ışık olması için de farklı bir madde yakılabilir. Biz mesela 10.sınıfta kimya öğretmenimiz sodyumu yakmıştı. Bir başka elementi daha yakmıştı ve farklı renklerde ateş çıkmıştı. Bu da olabilir.

Öğrenci D24 demirin ısıtıldığında etrafına ışık yayması olayını bilimsel olarak açıklayamamıştır. Testte verdiği maddenin plazma haline geçmesine dayanan yanıtı kendisine hatırlatıldığında floresan lambaya benzettiğini belirtmiştir. Ayrıca ısıtılan maddenin yükleneceği bu şekilde etrafına ışık yaymaya başlayacağı yönünde fikir beyan etmiştir. Demirin sıcaklığı artırıldığında sarı rengin kırmızıya dönüşeceği şeklinde bilimsel gerçeklere uymayan fikirleri vardır. D23, D31 öğrencilerinde olduğu gibi maddenin belirli bir sıcaklık değerinden sonra ancak ışımaya başlamaya başlayacağını düşünmektedir. Ayrıca 10.sınıf kimya dersinde öğretmenin yaptığı yanma tepkimesi deneyi ile sorudaki ısıtılan demirin ışık vermesi durumunu birbirine karıştırmaktadır. Ön testteki yanıtı ve ön görüşmedeki söyledikleri öğrencinin bilimsel olmayan bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Ön testte öğrencilerin %37,5'i sezgisel yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D2: A. Demir işlenebilecek hale getirilirken ısıtılarak sürekli enerji verilir. Bu da son katmandaki elektronların bazılarını serbest hale getirebilir. Koparılan elektronlarsa ışımaya yapmaya başlayabilir. Yüksek enerji ile yüklenmiş demir plazma halinde bulunur. İçinde iyonlar ve çekirdekler serbestçe yüzer.

B. Hayır mümkün değildir. Elektron koparıldığı için bu ışımaya gerçekleşir bu ışımamanın rengi değiştirilemez.

D14: A. Madde o sıcaklığa gelince yoğunlaşır ve elektronlar serbest bir hal alırlar. Bu yüzden olabilir.

B. Evet mümkündür. Daha yüksek sıcaklıklarda demiri işlemesini öneririm.

D19: A. Demir ısındığı için elektronlar arasındaki boşluk artar ve o aralara ateş girerek kendi rengini verir.

B. Mümkündür. Çünkü demiri mavi ateşle ısıtırsak mavi olur.

Ön testte sezgisel yanıtlar veren öğrencilerin açıklamalarına bakıldığında Öğrenci D2nin ısıtılan demirin ışımaya yapmasını durumu plazma haline benzetmeye çalıştığı görülmektedir. Öğrenci demirden çıkan ışığın renginin değiştirilemeyeceğini belirtmiştir. D14 öğrencisi maddenin yoğunlaşacağını ve elektronların serbest kalacağını belirtmiştir. D19 öğrencisi ise ısıtılan maddenin elektronlarının arasındaki boşluklara ateşin gireceğini böylelikle maddenin ateşin renginde görülmeye başlayacağını belirtmiştir. Öğrenciler verilen fiziksel durumu açıklamayabilmek için benzer olduğunu düşündükleri başka fiziksel olayları ya da D19 öğrencisi gibi bütünüyle kendi sezgilerini kullanmaktadır.

Ön testte sezgisel yanıt verip kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda demirin ışık yayma nedenini sormuştuk. Düşüncen nedir?

D4: Isıtıldığı içindeki elektron harekete geçirilir. Bu taneciklerdeki hareketlilik artarsa çarpışmalar artar bu şekilde de ışık oluşur.

Araştırmacı: Çıkan sarı ışığı kırmızı ve maviye dönüştürmek mümkün olur mu?

D4: Daha çok ısıtıldığında kırmızıdan daha parlak beyaza yakın bir renk oluşur diye düşünüyorum. Biraz daha soğutursak renginin mavi olarak kalabileceğini de düşünüyorum.

Araştırmacı: Diyelim ki metal parçasının soba üzerinde 1 dakika bekletip alsaydık. Yine ışık yayılır mıydı dışarıya?

D4: Hayır belli bir sıcaklık değerine kadar ısıtmak gerekiyor.

Araştırmacı: Maddeden hiç ışımaya çıkmaz mıydı?

D4: Çıkar ama biz göremeyiz. Isındıkça bu ışımları daha çok fark eder hale geliriz.

Araştırmacı: Bunun sebebi nedir?

D4: Enerjisi az olursa göremeyiz frekansı az olur.

Araştırmacı: Enerji az olursa frekansı az mı olur?

D4: Bundan tam emin değilim.

Öğrenci ısıtılan demirden yayılan ışığın taneciklerin hareketliliklerinin artmasından kaynaklandığı görüşüne sahiptir. Durumu ısı sıcaklık konusundaki bilgileri ile ilişkilendirmeye çalıştığı görülmüştür. Daha çok ısıtılan demirin gittikçe kırmızıya biraz soğutulursa da maviye dönüşeceğini sezgilerini kullanarak ifade etmiştir. Ancak daha önce görüşülen D23, D31, D24 öğrencilerinden farklı olarak maddenin kısa bir süre ısıtıldığında da ışımaya yapacağını ancak bu ışımaya gözle görülemeyeceğini açıklamıştır. Nedenini bilimsel olarak açıklayamasa da öğrencinin düşük sıcaklıklarda olan maddelerin de ışımaya yapabileceklerinin farkında olduğu gözlenmiştir.

Ön testte öğrencilerin %7,5'i kodlanamaz yanıt vermiştir. Bu öğrenciler konu ile ilgili olmayan yanıtlar vermiştir.

5.1.4.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %35'i MFKT'deki dördüncü soruya tam doğru yanıt vermiştir. Öğretimin bu öğrencilerin kavramsal değişimi sağlamalarında onlara yardımcı olduğu görülmektedir. Daha önce veri toplama araçlarının tanıtılması bölümünde değinildiği gibi son görüşmeler MFKT'deki öğrenci yanıtları ile birlikte MFKT'deki sorularla aynı kazanımlara yönelik fikirleri araştıran paralel sorular üzerinden yürütülmüştür. Son görüşme formunda kullanılan siyah cisim ışınması ile ilgili soru aşağıda Şekil 5.11'de görülmektedir.



Şekil 5.11: Son görüşme formundaki siyah cisim ışınması ile ilgili soru.

Öğrenciler ile gerçekleştirilen görüşmeler öğrencilerin kavramsal değişim düzeylerini daha iyi betimleyecektir. Tam doğru yanıt veren öğrenciler ile yapılan son görüşmelere ait diyaloglar aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: Şekilde bir termal kamera görüntüsü görülmektedir. Ortam karanlık olduğu Termal kameralar bu görüntüyü nasıl elde ederler?

D4: Bir cisim her sıcaklıkta ışımaya yapabilir. Termal kamerada vücut sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farkı analiz ederek görüntüyü elde ediyor.

Araştırmacı: Atın değişik noktalarının kırmızı sarı gibi farklı görülmesinin nedeni nedir sence görülmüş.

D4: Sıcaklık farkından kaynaklanıyordur.

Öğrenci, soru değiştirilmiş olmasına rağmen, verilen fiziksel durumu bilimsel olarak tam doğru olarak, beklemeden ve kendinden emin tavırları ile yanıtlamıştır. Ön test ve görüşmede sezgisel yanıt veren öğrenci D4 ile yapılan öğretim ile kavramsal değişimi bilimsel görüşe doğru yaşamıştır.

Ön testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt verip kendisi ile yapılan ön görüşme diyalogları önceki başlıkta aktarılmış olan öğrenci D23 son testte tam doğru yanıt vermiş ve son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

D23: Siyah cisim ışımada her sıcaklıkta bir ışımaya vardı. Bunu da termal kameralar algılar. Sıcaklık 0 Kelvin olmadığı sürece ışımaya vardır.

Araştırmacı: Şekildeki atın belirli yerleri yeşil gözükürken belirli noktaları kırmızı gözüküyor. Bunun nedeni nedir?

D23: Yeşil olan yerler sıcaklığın düşük olduğu yerler. Mavi olan yerler sıcaklığın enerjinin en yüksek olduğu yerler. Sıcaklık artınca hocam kırmızıdan maviye doğru kayar.

Öğrenci D23'ün de uygulanan öğretimden son derece olumlu etkilendiği siyah cisim ışımaya yönelik kavramlarını bilimsel görüşle değiştirdiği görülmektedir. Ön testte öğrenci “cismin ışımaya yapması için belirli bir sıcaklığı kadar ısıtılmalıdır” şeklinde yanıt verirken, kendisi ile yapılan son görüşmede 0 Kelvin sıcaklığı haricinde her sıcaklıkta ışımaya olacağını belirtmektedir.

Son testte öğrencilerin %47,5'i MFKT'deki dördüncü soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D12: A. Demire ani bir enerji verildiğinde demir atomları tekrar normal hale dönerken fazla enerjiyi foton olarak yayarlar.

B. Evet. Daha fazla ısıtılırsa renk değişir. Daha fazla enerjiyi atom dışarıya bırakır bu da daha fazla frekansa sahip olur.

D6: A. Atomu uyarmanın yollarından biri de sıcaklıktır. Üst enerji düzeylerine çıkan atomlar alt enerji düzeylerine inerken ışıma yaparlar.

B. Mümkündür. Kırmızı ya da mavi ışık yayması için enerjinin düşürülmesi gerekir.

D7: A. Karacisim ışımasında 0 Kelvini geçen tüm maddeler ışıma yaparlar.

B. Evet. Biraz daha ısıtılırsa beyaz hatta mavi bile olabilir. Sıcaklık arttıkça dalgaboyu azalır, frekansı artar ve renk değişir.

D6 öğrencisi dışında öğrencilerin yanıtları bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlardır. Öğrenciler yalnızca tam doğru yanıt yazamamıştır. D6 öğrencisi B bölümünde sarı ışığın kırımını ve maviye dönüşmesi için enerjinin düşürülmesi gerekir şeklinde bilimsel olarak doğru olmayan bir görüş ileri sürmüştür. Ancak açıklamalarının geneline bakılarak öğrencinin yanıtı kısmen doğru kabul edilmiştir. Ön testte kısmen doğru yanıt veren öğrencilerden kendisi ile son görüşme yapılanlara ait dördüncü soru ile ilgili diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

D9: Herkes vücudundan foton çıkıyor. Nesnelere her sıcaklıkta ışıma yaparlar.

Araştırmacı: Resimdeki atın neden değişik bölgeleri değişik renkte görülmüş?

D9: Vücudunun değişik bölgelerinin sıcaklıkları farkından dolayı farklı göstermiş olabilir.

Öğrenci D9 son testte kısmen doğru yanıt vermiş olsa da kendisi ile yapılan son görüşme öğrencinin aslında bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir.

D31: Hocam biz oraya belirli bir ışık gönderiyoruz. Onların sıcaklığı farklı zaten insanın. Karacisim ışımasında her sıcaklıkta cisim ışıma yapar ama biz göremeyiz. O canlı bir ışık yayıyor bizde onu kamerada alıp görüntüye çeviriyoruz.

Araştırmacı: Termal kameraya atın değişik bölgelerinin değişik renkte yansımalarının sebebi ne olabilir?

D31: Sonuçta buralar organlar bir iç sıcaklık var... Kafasındaki sıcaklık gibi sıcaklık farklı olabilir. Çünkü dışımızın sıcaklığını ölçsek belki daha az. Mesela insanın sıcaklığı koltuk altından ya da ağızından ölçülür. O yüzden...

Araştırmacı: Anladım. Mesela insanın vücut sıcaklığını elinden ölçmüyorlar diyorsun.

D31: Ya kulağından ya ağızından ya da alından ölçüyorlar makinelerle. Sıcaklıklar farklıdır.

Öğrenci D31 son testte kısmen doğru yanıt vermiş olsa da kendisi ile yapılan son görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Hatta kendisine yöneltilen, resimdeki atın vücudundaki bölgelerinin termal kameraya neden değişik renklerle yansıdığı sorusuna "insanın da ateşini ağızdan veya koltuk altından ölçüyorlar, sıcaklıkları farklı olabilir" şeklinde özgün bir yanıt vermiştir. Ayrıca ön testte cisimlerin ışıma yapmaya başlaması için belirli sıcaklık değerine kadar ısıtılması gerektiğini savunan öğrenci D31 son görüşmede cisimler her sıcaklıkta ışıma yaparlar şeklinde görüş belirtmiştir. Öğrencinin kavramsal değişim bakımından öğretimden son derece olumlu etkilendiği görülmüştür.

Genel olarak bakıldığında ön testte öğrencilerin %2,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt verirken, son testte öğrencilerin %82,5'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Öğretimin kavramsal değişimi sağlama öğrencilere yardımcı olduğu görülmüştür.

Son testte öğrencilerin %17,5'i dördüncü soruya modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D26: A. Siyah cisim ışıması deneyine benzetebiliriz. Aşırı bir sıcaklıkta bulunmuştur. Enerjisi artmıştır ışıma yapmıştır.

B. Mümkündü. Fakat her dalga boyu her maddede görülmez. Belirli bir sıcaklık lazımdır. Demirci de şiddetini artırması lazım.

D33: A. Madde çok fazla ısındığı için ısı enerjisini ışık enerjisine dönüştürmüştür.

B. Işıkların enerji seviyeleri vardır. Demir sarı ışık yayıyorsa daha da ısıtarak kırmızı daha sonra da mavi ışık yayabilir.

D35: A. Yüksek derecedeki sıcaklık maddeye etkidikten bir süre sonra demirin alabileceği sıcaklık sınırı değeri geçildiğinden dolayı bu sıcaklık dışarıya ışıma yaparak etkiye devam eder.

B. Kırmızı olması için sıcaklık daha az vermesini, mavi görmesi için sıcaklığı artırmasını öneririm.

D33 öğrencisinin Wien Kayma yasası konusunda ikna olmadığı görülmektedir. Sarı renkten sonra demirin sıcaklığının artırılması ile renginin kırmızıya dönüşebileceğini belirtmiştir. D35 öğrencisi de demirin etrafına ışıma yapması konusunda kendi görüşünü, demirin renginin nasıl değişeceği konusunda bilimsel görüşü kullanmaktadır. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez yanıt veren öğrenci D26 ile yapılan son görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

D26: Atın vücudunda yaydığı bir ısı oluyordu. Ortam karanlık olsa da ısı yaymaya devam edeceğinden dolayı termal kamera görüntüyü alabilir.

Araştırmacı: Görüntüdeki renklerin farklı olmasının nedeni nedir?

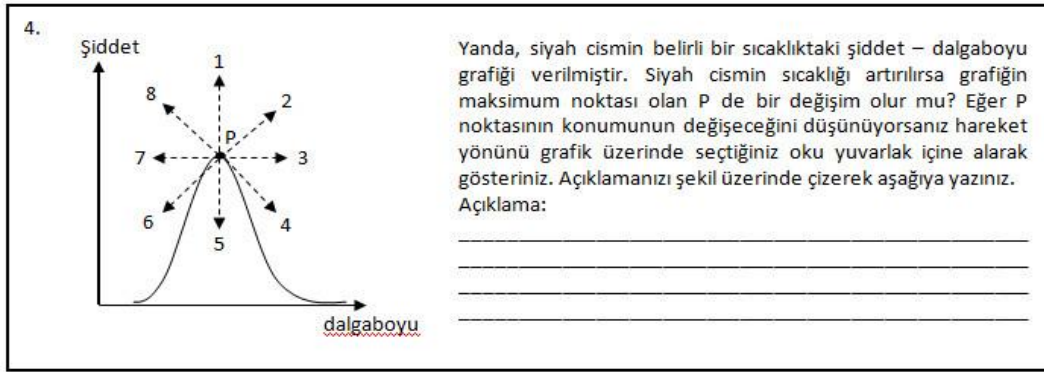
D26: Sıcaklık farkından dolayıdır. Kırmızının olduğu yerler daha sıcak, sarının olduğu yerler daha sıcaktır.

Öğrenci D26 ile gerçekleştirilen son görüşme kendisinin son testte nitelik olarak zayıf yanıt verdiğini ancak görüşlerinin bilimsel görüşle uyum içinde olduğunu göstermiştir. Diğer kategorilerde yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

5.1.4.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Gecikmiş son testte siyah cisim ışımasına ilişkin kazanımı ölçecek şekilde değiştirilerek sorulan dördüncü soru Şekil 5.12'de görülmektedir.

Sorunun değiştirilmesi ile birlikte öğrencilerin siyah cisim ışımasına yönelik kavramsal anlamaları incelenirken, öğrendiklerini yeni durumlara uygulayabilme düzeyleri de belirlenmiş olacaktır. Şekil 5.12'de görülen dördüncü soru siyah cisim ışımasına ait şiddet - dalgaboyu grafiğini içermektedir. Grafiğin zirve noktası işaretlenmiş ve öğrencilere siyah cismin sıcaklığı artırılırsa bu noktanın yer değiştirip değiştirmeyeceği sorulmuştur. Öğrencilerin, grafik üzerinde belirtilmiş olası yer değiştirme yönlerini belirten oklardan birini işaretlemeleri ve gerekli açıklamaları yapmaları gerekmektedir.



Şekil 5.12: Gecikmiş son testteki siyah cisim ışıması ile ilgili dördüncü soru.

Gecikmiş son testte öğrencilerin 32,5'i soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrenci D4 ile yapılan gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda grafikteki P noktasının yer değiştirip değiştirmeyeceğini sormuş ve açıklama yapmanızı istemiştik.

D4: Karacisim ışımasında sıcaklık arttıkça dalga boyunda bir azalma gözleniyor. Klasik fiziğe göre ışımların sürekli olması gerekiyordu. Yapılan deneylerde böyle olmadığı gözleniyor. Daha sonra modern fizikçiler açıklama yapıyorlar. Kimdi...Wien miydi...evet Wien. Sıcaklık arttığında maksimum dalgaboyunda bir azalma olacağını açıklıyor. Sıcaklık arttıkça dalgaboyu azalacak. O zaman 8 olacak.

Araştırmacı: Dalgaboyunda bir azalma olursa 7 olmaz mı?

D4: Hayır şöyle oluyor. Dalgaboyu azalıyor ve toplam ışımanın miktarı artıyor o nedenle 8 olacak.

Gecikmiş son görüşme diyaloglarından görüldüğü gibi öğrenci D4'ün fikirleri bilimsel görüşle uyum içindedir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %37,5'i soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Kısmen doğru yanıt verip kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda grafikteki P noktasının yerdeğiştirip değiştirmeyeceğini sormuş ve açıklama yapmanızı istemiştik.

D20: Wien yasası var burada. 1 yönüne doğru dedim. O sırada yanlış düşünmüşüm. Hem sola hem de yukarı doğru artmalı.

Araştırmacı: Neden?

D20: Sıcaklığı artarsa wien yasasına göre dalgaboyu azalacak.

Araştırmacı: Verdiğin 1 yanıtını neye göre söyledin.

D20: Grafik sanki direkt yukarı gider gibi geldi testi cevaplarırken. Ama sonradan farkına vardım.

Öğrenci D20 gecikmiş testteki yanıtında doğru açıklamalar yapmış ancak grafikteki zirve noktasının hareket yönünü yanlış işaretlemiştir. Kendisi ile yapılan gecikmiş son görüşmede hatasını düzeltmiştir. Görüşmedeki açıklamaları bilimsel olarak tam doğrudur.

Kısmen doğru yanıt veren öğrenci D25 ile yapılan gecikmiş son görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda grafikteki P noktasının yerdeğiştirip değiştirmeyeceğini sormuş ve açıklama yapmanızı istemiştik.

D25: Bunu yanlış yaptım. Şiddeti dikkate almadan yanıtladım. Bir de dalgaboyu azalacak. 7 yapmam gerekirken 6 yaptım sanırım. Şimdi tekrar düşünecek olursam yine dalgaboyu azalacak. Enerji artacak. Sanırım frekansla şiddet doğru orantılıydı. 2 olacak sanırım. Evet.

Araştırmacı: Günlük hayattan bir örneğin var mı aklında

D25: Demirin ısıtılması, ısıtılınca renk değiştiriyordu.

Araştırmacı: Wien yasasından bahsetmiştin.

D25: Evet. Sıcaklık artarsa dalgaboyu azalır.

Araştırmacı: Dalgaboyu azalıyorsa eğer, 2 numaralı okta dalgaboyu artmıyor mu? Söylediklerin arasında bir çelişki oldu. O yüzden

D25: Evet artıyor. Kusura bakmayın şu an dikkatim çok dağınık.

Araştırmacı: Kusura bakacak bir şey yok. Söylediklerin önemli. Doğru ya da yanlış olması değil.

D25: Tamam şimdi toparlayayım. Sıcaklık artacak...Dalgaboyu azalacak. Şiddet ise artacak. 8 olacak.

Öğrenci Wien Yerdeğiştirme Yasasını başarı ile açıklamaktadır. Görüşmede kendisinin de belirttiği gibi sürekli dikkat hataları yapmaktadır. Görüşmenin son bölümlerinde söyledikleri ifadeler arasındaki çelişkiler araştırmacı tarafından kendisine hatırlatıldığında tam doğru yanıtı vermiştir. Ancak yine de öğrencinin görüşmedeki yanıtı kısmen doğru olarak kodlanmıştır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %15'i modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin verdiği kabul edilemez türden yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D1: (3 numaralı ok) Cismin sıcaklığı artarsa enerjisi de artar. Enerji artarsa dalgaboyu artar. Şiddetin bir ilişkisi yoktur.

D12: (3 numaralı ok) Eğer sıcaklık artarsa dalgaboyu artar ama şiddet sabit kalır.

Öğrencilerin bir karmaşa yaşadıkları açıktır. Şiddetin sabit kalacağına yönelik düşünceleri foton enerjisi ile karacismin grafiği arasında bir karmaşa yaşadıkları görülmektedir. Durumu daha iyi betimleyebilmek için öğrencilerin gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda grafikteki P noktasının yerdeğiştirip değiştirmeyeceğini sormuş ve açıklama yapmanızı istemiştik.

D1: Bir cismin enerjisinin şiddete değil dalgaboyuna ve frekansına bağlıdır demiştik.

E=hf den enerjisi artarsa frekans artar dalgaboyu azalır. 7 olur.

Araştırmacı: Bir siyahcisim ısıtılırsa ne olur.

D1: Işın yaymaya başlar.

Araştırmacı: Önce hangi rengi görürüz?

D1: Sarıymıydı, kırmızıymıydı. En yüksek enerjili olan da maviydi.

Araştırmacı: Sonuç olarak 7 numaralı ok dedin. Ancak cevabında 3 demişsin.

D1: Karıştırmışım.

Araştırmacı: Enerjisi artarsa dalgaboyu da artar demişsin. Bu da az önce söylediklerinle çelişiyor.

D1: Frekansı artar. Dalgaboyu azalır.

Bilindiği gibi Wien Yerdeğiştirme Yasasına göre karacismin sıcaklığı artırılırsa cisimden en yoğun yayılan ışımının dalgaboyu azalır. Ayrıca sıcaklık arttıkça da toplam ışım şiddeti artar. D1 öğrencisi bu fiziksel gerçeklerin hiçbirinden söz etmemiş ayrıca olayı tamamen foton enerjisi ile açıklamıştır. Ayrıca siyah cisim ısıtıldığında yayacağı ilk görünür ışığın rengi konusunda da karmaşa yaşamaktadır. Öğrenci işaretlediği oku görüşmede değiştirmiş olsa da yeni işaretlediği ok da bilimsel olarak doğru olmayan bir seçenektir. Öğrenci siyah cisim ışımına ilişkin kavramsal değişimi gerçekleştirememiştir. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerden olan D12'ye ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dördüncü soruda grafikteki P noktasının yerdeğiştirip değiştirmeyeceğini sormuş ve açıklama yapmanızı istemiştik.

D12: Sıcaklığı artarsa yaydığı ışınların dalgaboylarının artacağını düşündüm. Şiddetinin aynı kalacağını düşündüm. Sadece dalgaboyu frekans artar. İlk önce sarı sonra enerji arttıkça sarıya doğru gidiyordu.

Öğrencinin zihnindeki karmaşa ne bir şekilde ortaya çıkmıştır. Öğretimin siyah cisim ışımına ile ilgili olan kısmının öğrenci D12'nin kavramsal değişimini gerçekleştiremediği görülmektedir.

Gecikmiş son testte, klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin %10'u sezgisel yanıt vermiştir. Bu öğrenciler kavramsal değişimi zayıf olarak gerçekleştirdiklerinden dolayı öğretim üzerinden geçen uzun zaman kendilerine olumsuz etki yaptığı düşünülmektedir.

5.1.4.4 Tartışma

Ön testte tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmazken, bir öğrenci (%2,5) bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Ön testte öğrencilerin %97,5'i bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt verdikleri görülmüştür. Öğrencilerin bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtları genellikle modern fizik ve klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıtlar kategorilerinde kodlanmıştır. Modern fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin daha önceden kimya dersinde öğrendikleri bilgilere ya da kendi çabaları ile öğrendikleri bilgilere dayanarak açıklama yaptıkları görülmektedir. Örneğin Öğrenci D23'ün, daha önceden öğrenmiş olduğu genç ve enerjisi yüksek yıldızların genellikle mavi, yaşlı ve ömrünün sonlarında olan yıldızların genellikle kırmızı gözükmesi bilgisini kullanarak açıklama yaptığı görülmüştür.

Modern fiziğe dayalı zihinsel modellere sahip olmayan öğrenciler oldukça sık kullandıkları ve sağlam kökleri olan klasik fiziğe dayalı modelleri ile açıklama yapmaya çalışmıştır. Örneğin öğrenci D24 kimya dersinde öğretmenin önce sodyumu sonra başka bir elementi yaktığında her birinden farklı renkte ışık çıktığı bilgisini kullanarak açıklama yapmıştır. Isıtılan demir parçasının ışıma yapması durumunu, oksijen ile yakılan elementlerden çıkan ışığa benzetmektedir.

Ön testte sezgisel yanıt veren öğrenciler de soruda verilen fiziksel durumu fizik yasalarına fazlaca dayandırmadan kendilerine mantıklı gelen açıklamaları yapmaktadır. Bulgular bölümünde detaylıca incelenen bu yanıt türünün en güzel örneği D19'un verdiği yanıttır. Öğrenci madde ısıtıldığında elektronlar arasındaki uzaklığın artacağını, bu boşluklara giren ateşin demire kendi rengini vereceğini belirtmektedir. Ayrıca sorunun B bölümünde maddenin ancak maddeyi ısıtan ateşin renginde gözükebileceğini başka renkte gözükmesinin mümkün olmadığını belirtmektedir. D15 öğrencisi demirin oksijenle yanmaya başladığını belirtmektedir. Ayrıca D5 öğrencisinin demirin sıcaklığı arttığında üzerine düşen ışığın daha fazla ve şiddette yansıtacağı yönünde fikre sahip olduğu görülmüştür.

Son testte öğrencilerin %35'i tam, %47,5'i kısmen doğru olmak üzere toplam %82,5'i MFKT'deki dördüncü soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğretim aşamalarının öğrencilerin kavramsal değişimlerindeki olumlu

etkisi açıkça ortaya konulmuştur. Özellikle öğretim aşamalarındaki tartışmalar sonuç vermiştir. Öğretim aşamalarındaki sınıf tartışması bölümlerinde öğrencilere maddenin plazma halinin nasıl oluşacağı sorulmuştur. Öncelikle gaz halinin daha da fazla ısıtılması ile plazma halinin oluşacağı konusunda uzlaşıya varılmıştır. Daha sonra öğrencilere demirin erime ve kaynama noktaları ayrıca plazma fikrinin savunan öğrenciler için bir bilişsel çatışma unsuru olan demirci ocağındaki ateşin ortalama sıcaklığı verilmiştir. Böylelikle öğrenciler maddenin plazma halinin ocağındaki ateşin sıcaklığı ile oluşturulamayacağı konusunda ikna edilmiştir. Son testte maddenin plazma hali oluşacağı yönünde bir yanıt rastlanmamıştır. Öğretim aşamalarında demirin oksijenle yanması fikrine sahip olan öğrenciler için de bir tartışma yapılmıştır. Öğrencilere odunun yandıktan sonra tekrar elde edilip edilemeyeceği sorulmuştur. Öğrenciler ile odunun tekrar elde edilmesinin mümkün olmadığı konusunda uzlaşıldıktan sonra, öğrencilere ısıya yapan demirin tekrar soğutulduğu durumda ne olacağı sorulmuştur. Öğrenciler demirin özelliğinden bir şey kaybetmeyeceğini belirtmişlerdir. Bu tür bilişsel çatışmaya dayanan tartışmalar ve etkinlikler öğrencilere kavramlarını bilimsel olanı ile değiştirme noktasında yardımcı olmuştur.

Bununla birlikte araştırmadaki öğretimin kavramsal değişimi sağlamadığı öğrenciler de bulunmaktadır. Örneğin D35 öğrencisi sorunun B bölümünü tam doğru yanıtlamasına rağmen, A bölümündeki yanıtında demirin alabileceği bir enerji sınırı olduğunu bu sınır aşıldığında fazlalık enerjiyi dışarıya yaymaya başlayacağını söylemektedir. D33 öğrencisi demir ısıtılırken sarı renkten sonra kırmızının geleceğini belirtmektedir. Bu öğrencilerin kavramlarında bilimsel görüşe doğru değişim yaşanmış olsa da, güçlü bir kavramsal değişim yaşamamışlardır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %32,5'i tam, %37,5'i kısmen doğru olmak üzere toplam %70'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Kabul edilemez yanıtların büyük çoğunluğunu son testte olduğu gibi modern fiziğe dayalı yanıtlar oluşturmuştur. Kavramsal değişime dayalı çalışmalarda beklenen bir sonuç olarak kabul edilemez yanıtların %10'unu da sezgisel yanıtlar oluşturmuştur. Öğrenciler kavramsal değişimi güçlü olarak gerçekleştirememiş olduğundan kendi fikirlerine geri dönmüşler ya da bilimsel olanla kendi kavramlarının sentezini

yapmıştır. Bu durumu daha ayrıntılı betimleyebilmek için görüşme yapılan öğrencilerin bireysel gelişimleri incelenmiştir.

Kavramsal değişimi daha belirgin bir şekilde ortaya koyan bireysel gelişim tablosu aşağıda aktarılmıştır. Tablo 5.8 öğrencilerin ön testten gecikmiş son görüşmeye kadar ki süreçte kavramsal anlama düzeylerini göstermekte. Kavramsal değişimin gücü hakkında okuyucuya özet bilgi sunmaktadır.

Örneğin D1 öğrencisi, gecikmiş son testteki yanıtında siyah cismin sıcaklığı artırıldığında dalgaboyunun artacağını ve grafikteki zirve noktasının sağa doğru (3 numaralı ok) yer değiştireceğini belirtmiştir. Öğrenci ayrıca bir fotonun enerjisine ilişkin zihnindeki bilgiler ile siyah cisim ışımaya ilişkin bilgileri birbirine karıştırmaktadır. Öğrenci siyah cismin sıcaklığı artarsa dalgaboyunun artacağını şiddetin dalgaboyu ve frekans ile ilişkisi olmadığı için sabit kalacağını belirtmiştir. Kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan D1 öğrencisi son testte kısmen doğru, son görüşmede tam doğru yanıt verirken, gecikmiş son test ve görüşmede modern fiziğe dayalı kabul edilemez yanıt vermiştir. Öğretim üzerinden geçen zaman D1 gibi öğrenciler için olumsuz etki yaparken, Tablo5.8' de görülen öğrenci D26 için de olumlu etki yapmıştır. Bu durum kavramsal değişimin ani değişimle olabildiği gibi zamana yayılmış bir değişim şeklinde de olabileceğini göstermiştir.

Öğretim üzerinden geçen uzunca süre Tablo 5.8' de D2, D9, D3 için de olumsuz etki yapmış gibi görülse de öğrenciler kendileri ile gerçekleştirilen gecikmiş son görüşmede testin uygulanmasının ardından soruyu tekrar değerlendiklerinde yaptıkları yanlışların farkına vardıkları ifade etmişlerdir. Bu durum gecikmiş son görüşmenin sınırlılıklarından biridir. Öğrenciler testin uygulamasının ardından kaynak kitaplardan ya da belki de arkadaşları ile tartışıp doğru sonucu bulduktan sonra gecikmiş görüşmeye gelebilmektedirler. Üç öğrencinin son test ve son görüşmedeki yanıtlarının tam doğru olduğu da düşünülerek öğrencilerin gecikmiş son görüşmedeki yanıtları kısmen doğru olarak kodlanmıştır.

Tablo 5.8: Görüşme yapılan öğrencilerin dördüncü sorudaki bireysel gelişimi.

	ÖN		SON		GECİKMİŞ	SON
KATEGORİ	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D2,D4,D16 D20,D21, D23	D1, D2, D4 D9,D12,D16 <u>D20,D21, D23,</u> D24,D25,D31	<u>D4,D16,D21</u> D22,D23, <u>D24</u>	<u>D4,D16,D20</u> <u>D21,D22,D23</u> <u>D24</u>
A.2			D1,D9,D12 D22,D24, D25,D31	<u>D22, D26</u>	<u>D20,D25</u> <u>D26</u>	D2,D9,D25, <u>D26,D31</u>
B.1	D9,D22, D23,D31	<u>D9, D22,</u> <u>D23,D31</u>	D26		<u>D1, D12</u>	<u>D1, D12</u>
B.2	D12,D16, D20 D24	<u>D12,D16</u> <u>D20, D24</u>				
B.3	D1,D2,D4 D21,D25,D26	<u>D1,D2,D4</u> <u>D21,D25,D26</u>			<u>D2,D9,D31</u>	

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim


Genel olarak bakıldığında kendisi ile görüşme yapılan öğrencilerin kavramsal değişim süreçlerinin görüldüğü Tablo 5.8'e bakıldığında son testten gecikmiş son görüşmeye kadar olan bölümdeki yeşil ve mavi renkler öğretimin başarısı açık bir şekilde ortaya koymuştur. Ancak her araştırmada olduğu gibi öğretimin sınırlılıkları da bulunmaktadır. Sınırlılıklar ve çözüm önerileri daha sonra sonuç ve öneriler kısmında verilecektir.

5.1.5 MFKT'deki Işığın Momentumu ile İlgili Beşinci Soruya


İlişkin Bulgular

MFKT'de yer alan ışığın momentumu ile ilgili beşinci soru Şekil 5.13'de görülmektedir. Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki beşinci soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.9 oluşturulmuştur.


5.



Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

Şekilde çok küçük ağırlıkta dört metalden yapılmış cisim, havası tamamen alınmış cam balonun içine kolayca dönebilecek şekilde yerleştiriliyor ve Şekil 1 ile Şekil 2'de görülen düzenek oluşturuluyor. Düzenekte görülen metallerin bir tarafı mat diğer tarafı da parlaktır. Üzerine Şekil 3'teki gibi beyaz ışık düşürüldüğünde metal cisim dönmeye başlıyor. Bu olayı nasıl açıklarsınız? Açıklamalarınızı aşağıdaki boşluğa yazınız.

Şekil 5.13: MFKT'deki ışığın momentumu ile ilgili beşinci soru.

Öğrencilerin ön testte verdiği yanıtların Tablo 5.9'daki analizlerine bakıldığında, özellikle klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıtlar kategorilerinde toplandıkları görülmektedir. Öğrencilerin klasik fiziğe dayalı yanıt vermelerinin nedeni olarak zihinlerindeki sıklıkla kullandıkları ve derin köklere sahip yapılarıdır.

Tablo 5.9: MFKT'deki Beşinci Sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar			
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	16 (40,00)	18 (45,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	2 (5,00)	15 (37,50)	18 (45,00)
Ara Toplam 1	2 (5,00)	31 (77,50)	36 (90,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. Modern Fiziğe Dayalı Yanıtlar	2 (5,00)	3 (7,50)	2 (5,00)
2. Klasik Fiziğe Dayalı Yanıtlar	20 (50,00)	4 (10,00)	1 (2,50)
3. Sezgisel Yanıtlar	13 (32,50)	1 (2,50)	0
Ara Toplam 2	35 (87,50)	8 (20,00)	3 (7,50)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	2 (5,00)	1 (2,50)	0
D. Yanıtsız	1 (2,50)	0	1 (2,50)
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Öğrencilerde kullanabilecekleri modern fiziğe dayalı modeller olmadığından dolayı verilen durumu sıklıkla kullandığı klasik fiziğe dayalı modelleri ile açıklamaya çalışmaktadır. Sezgisel yanıt veren öğrencilerin de durumu klasik fizik bilgileri ile açıklayamadıkları için testteki soruya tahminlerde bulunarak açıklama yaptıkları görülmüştür.

Ön testte öğrencilerin modern fiziğe dayalı yanıtlar verdikleri de görülmektedir. Bu öğrencilerin yanıtlarının dayandığı temeller, ayrıca bu tür yanıtları verip kendisi ile görüşme yapılan öğrencilerin kavramsal anlamaları ileride bulgular bölümde daha detaylı olarak incelenecektir.

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %77,5'inin, öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan gecikmiş son testte ise öğrencilerin %90'ının bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdiklerini görülmüştür. Tablo 5.9 genel olarak bu araştırmada uygulanan bilişsel çatışmaya dayalı öğretimin, öğrencilerin ışığın tanecikli doğasına yönelik kavramsal değişim süreçlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğunu göstermiştir. Tablo 5.9'e ait detaylı bilgiler aşağıda başlıklar altında verilecektir.

5.1.5.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim öncesinde uygulanan ön testte MFKT'deki ışığın tanecikli doğası ile ilgili beşinci soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Ön test olarak uygulanan MFKT'deki beşinci soruya tam doğru yanıt veren bulunmazken, öğrencilerin %5'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Bu öğrencinin yanıtı aşağıda aktarılmıştır.

D21: Parlak olan taraf ışığı yansıtacaktır. Böylece dönmeye başlar. Işık şiddetinin artması bence daha hızlı dönmesine neden olur.

D24: Işık dalgalar halinde yayılır. Işık cam borudan geçip parlak yüzeye çarptığında yansır. Bu da cismin dönmesini sağlar.

Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerin nitelik bakımından zayıf açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Öğrenciler ile gerçekleştirilen ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Beşinci soruda havası alınmış tüp içindeki metallere ışık düşürüldüğünde dönmeye başlıyorlar. Bu duruma ilişkin fikirlerin nelerdir?

D21: Parlak yüzeyinde ışın çarpınca geri yansiyacak. Çarpınca döndürme etkisi yapar diye düşündüm.

Araştırmacı: Nasıl olur?

D21: Işık çarpınca geriye saçılacak. Dönme etkisi yapar diye düşündüm ama tam olarak bilmiyorum.

Öğrenci D21'in ön testte kısmi yanıt vermiş olsa da öğretim öncesinde ışığın tanecik özelliği ile ilişkili doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadığı görüşmede anlaşılmıştır.

Araştırmacı: Beşinci soruda havası alınmış tüp içindeki metallere ışık düşürüldüğünde dönmeye başlıyorlar. Bu duruma ilişkin fikirlerin nelerdir?

D24: Işık çarpınca yansır. Metal o nedenle dönüyor.

Araştırmacı: Işık yüzeye çarpınca etki mi oluşturuyor?

D24: Yansıdığına göre demek ki bir tepki kuvveti oluşur. O nedenle döner.

Araştırmacı: O halde bir kuvvet mi oluşuyor.

D24: Dediğime göre evet. Ama gerçekte nedir bilemiyorum.

Araştırmacı: Söylediğinden ne derece eminsin.

D24: Tam olarak emin değilim.

Öğrenci D24 sezgileri ile yanıt vermeye çalışmakta ancak kısmen de olsa doğru yanıt vermektedir. Ancak açıklamalarının doğruluğu konusunda emin olmadığını söylemesi, öğrencinin verdiği yanıtların zihnindeki sağlam temelleri olan bilgilere dayanmadığını, ışığın tanecik özelliğine yönelik bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını göstermiştir.

Ön testte öğrencilerin %5'i modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D8: Bence ışık dalgadır. O dört tane olan şeye gelir ve orada saçılırlar. Bu saçılan dalgaların boyları büyür o saçılanlar diğer metale çarparak dönmeye başlarlar.

D12: Işık tanecik olduğu için çok hızlı hareket eden tanecikler yapraklara çarparak metal cismin dönmesini sağlamıştır.

Öğrencilerden D8 ışığın dalga özelliğini kullanarak yanıt verirken, D12'de ışığın yüksek hızla hareket eden taneciklerinin metallere çarpıp onları döndüreceği yönünde yanıt vermiştir. Öğrencilerden D12 ile yapılan ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Beşinci soruda havası alınmış tüp içindeki metallere ışık düşürüldüğünde dönmeye başlıyorlar. Bu duruma ilişkin fikirlerin nelerdir?

D12: Işığın madde gibi davranmasına bir örnek olduğunu düşündüm. Bunu yapabiliyorsa ışığın bir enerjisi var. Metale bunu doğrudan aktarmıyor. İki madde birbirine çarpınca birbirine etki ediyor ve ters yönlerde gitmeye başlıyor. Metal levhaya ışık enerjisinin bir bölümünü vereceğini düşündüm.

Araştırmacı: Biraz daha toparlayabilir miyiz?

D12: Çarpışan her madde diğerine etki yapar. Etkiye karşı zıt yönlü tepki vardır. Işığın çarpması ile beraber bu oluşur.

Araştırmacı: Her iki levhaya da ışık düşüyor mu o halde neden dönüyor?

D12: Mat olan taraf ışığı daha fazla absorbe eder. Işığın enerjisinden daha çok yararlanacaklar o nedenle mat tarafa dönmeye başlayacak.

D12 öğrenci ışığın bir tanecik özelliğine sahip olduğunu önceki sorularda belirttiği gibi beşinci soru için de belirtmiştir. Öğrenci ışık taneciklerinin levhalara çarpmasını iki maddesel cismin çarpışmasına benzeterek levhaların dönüş hareketine açıklık getirmeye çalışmıştır. Bu ana kadar ki fikirleri kısmen doğru iken, levhaların dönüş yönünün ışığı soğuran metal tarafına doğru olacağını belirtmesi bilimsel olarak kabul edilemez türden bir yanittir.

Ön testte öğrencilerin büyük çoğunluğu olan %50'si klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D2: Işık parlak olan kısma düştüğünde kırılıp yandaki metalin parlak kısmına doğru gider. Oradan da aynı şekilde kırılmalar gerçekleşir. Işığın kırılmalar anındaki dokunuş etkisiyle küçük ağırlıktaki metaller dönmeye başlar.

D3: Işık cam balona çarptığı zaman kırılmaya uğrar ve cam balon içindeki metale çarpar, bu metalden de yansır. Bu durum içindeki metalin hareketlenmesine neden olur.

D27: Mat kısımlar ışığı emer, elde edilen enerji hareket enerjisine çevrilir.

D32: Işık bir enerjidir. Buradaki düzenek ışıktan etkilenip dönmesi için tasarlanmıştır. Demek ki ışık havasız ortamdaki metalleri yükleri nedeniyle etkileyebilir.

D33: Işığın bir enerji olduğu söylenebilir ve bu hareket enerjisine dönüşmüştür.

Öğrencilerin yanıtları öğrencilerin klasik fiziğe dayalı kavramsal modelleri ile durumu açıklamaya çalıştıklarını göstermiştir. D2 ve D3 kırılma ve yansımalara dayalı yanıt verirken, D32 ışığın yüklü olduğu ve bu yüklerin levhayı hareketlendireceği yönünde yanıt vermiştir. D27 ve D33'ün yanıtı klasik fiziğe dayalı yanıt veren birçok öğrencinin yanıtını örneklemektedir. Durumu modern fizikle açıklayamayan öğrenciler enerjinin korunumu yasasına dayanarak "ışık enerjisi hareket enerjisine dönüşmüştür" şeklinde yanıt vermiştir. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılan öğrenci D2'ye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Beşinci soruda havası alınmış tüp içindeki metallere ışık düşürüldüğünde dönmeye başlıyorlar. Bu duruma ilişkin fikirlerin nelerdir?

D2: Metallerden birinde kırılıp diğerine gelir. O metal levhadan da kırılıp yansıyor, dört metal levha arasında kırılıp yansımaya dolanımı başlar. Kütlesi de çok küçük olduğu için dönmeye başlar. Işıktan etkilenir döner.

Araştırmacı: Nasıl etkileniyor olabilir ışıktan?

D2: Işık da bir enerji olduğundan dolayı kütlesi çok küçük olan bir maddeye etki ettiğinden dolayı az da olsa harekete geçirebiliyor.

Öğrenci D2 kendisi ile yapılan ön görüşmede de klasik fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Metallerin dönüşünü bilimsel olarak açıklayamadığı ayrıca enerjinin korunumu yasası ile verilen duruma açıklama yapmaya çalıştığı görülmüştür.

Özetle, ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenciler iki grupta toplanmıştır. İlk grup duruma yansıma ve kırılma ile açıklama getirmeye çalışırken, ikinci grup ise "ışık enerjisi, hareket enerjisine dönüşür" şeklinde enerjinin korunumu yasasını kullanarak açıklama yapmıştır.

Ön testte öğrencilerin %32,5'i sezgisel yanıt vermiştir. Sezgisel yanıt veren öğrencilerin örnek yanıtları aşağıda verilmiştir.

D5: Parlak taraf ışığı daha fazla yansıtır, mat taraf ışığı daha fazla soğurur. Mat taraf ağır, parlak taraf hafif kalacağından düzenek dönmeye başlar.

D7: Gönderilen ışık enerjisi yansıma yolu ile ya da farklı bir şekilde hareket enerjisine dönüşüyor olabilir.

D16: Işığın gönderdiği enerji ile metallerin mat tarafı bu enerjiyi soğuruyor. Soğrulan bu enerji elektronları hareket geçiriyor. Elektronların birbirini itmesi ile de metal cisim dönmeye başlıyor.

Öğrencilerin yanıtları incelendiğinde fizik yasalarını fazlaca kullanmadan sezgileri ya da tahminleri ile açıklama yapmaya çalıştıkları görülmektedir.

Ön testte öğrencilerin %5'i kodlanamaz yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D19: Mat taraf ışığın içinde tutuyor.

D36: Işık radyoaktif olduğu için dönmüştür.

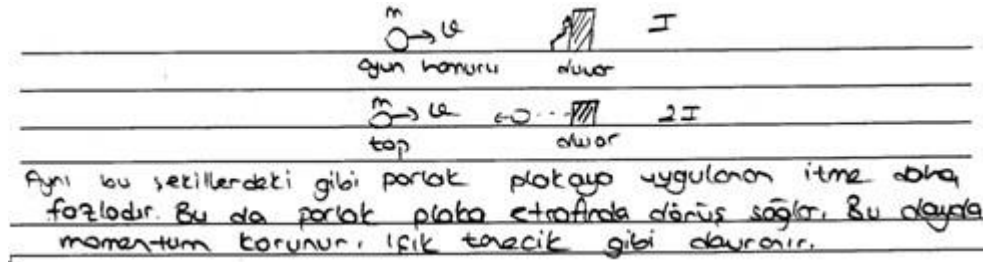
D19 öğrencisi bir kategoride kodlanması için yeterli açıklama olmayan bir yanıt verirken, D36 öğrencisinin konu ile tamamen ilgisizdir.

5.1.5.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %40'ı MFKT'deki beşinci soruya tam doğru yanıt vermiştir. Öğretimin bu öğrencilerin ışığın tanecikli doğasına ilişkin kavramsal değişimi sağlamalarında onlara yardımcı olduğu görülmektedir. Tam doğru yanıt veren öğrencilere ait örnek yanıtlar aşağıda aktarılmıştır.

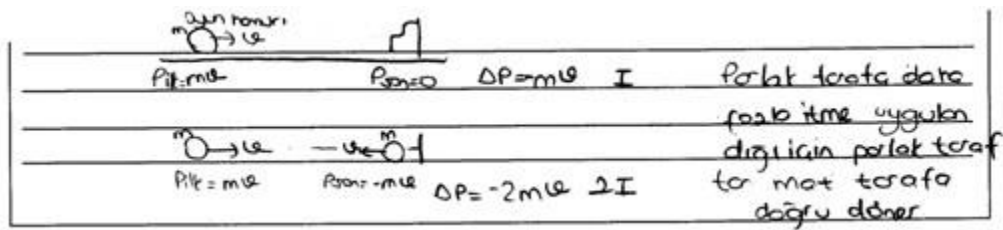
D1: Gelen foton bu deneyde madde gibi davranır. Burada fotonun momentumuna P dersek mat tarafa çarptığı zaman P kadar etki eder. Parlak tarafa çarpınca $2P$ kadar itme uygular. Böylece düzenek dönmeye başlar.

D4:



Şekil 5.14: Öğrenci D4'ün son testteki beşinci soruya verdiği yanıt.

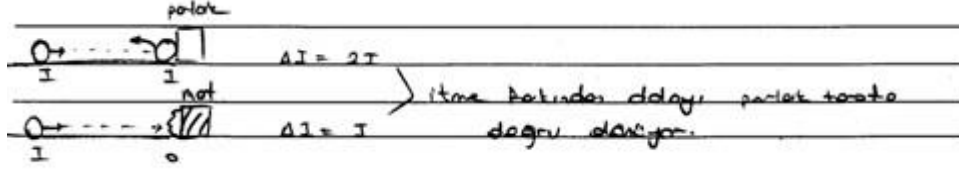
D6:



Şekil 5.15: D6 öğrencisinin son testteki beşinci soruya verdiği yanıt.

D9: Gönderilen fotonları yani ışığın bir momentumu vardır. Işık parlak yüzeye çarptığında geri yansır. Ama mat yüzeye çarpınca soğrulur. Momentum farkından dolayı döner. Işık soğrulduğunda itme I ise yansıdığı anda itme $2I$ kadardır.

Öğrencilerin yanıtları ışığın tanecikli doğasına ilişkin kavramsal değişimi bilimsel görüşe doğru değiştirdiklerini göstermiştir. Son testte MFKT'deki beşinci soruya öğrencilerin %37,5'i kısmen doğru yanıt vermiştir. Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.



Şekil 5.16: D5 öğrencisinin son testteki beşinci soruya verdiği yanıt.

D12: Burada ışığın basınç farkı yaratmasından yararlanılmaktadır. Işık metallerin ışığı iyi emen siyah tarafla ışığı yansıtan beyaz tarafına aynı anda düştüğünde arada bir basınç farkı olur ve bu metalleri döndürür.

D21: Parlak yüzeye düşen ışık yansır ve mat yüzeyde soğrulur. Yani bir bakıma itme olayı gerçekleşir. $2I$ (parlak) - I (mat) = I

D31: Bu olayda momentum etkili olmuştur. Parlak yüzeyde $2I$ 'lık bir itme gibi oluşurken mat yüzeyde I 'lık bir momentum oluşmuştur. Bu da dönmesini sağlamıştır.

Öğrencilerin yanıtlarına bakıldığında yanlış ifadeler içermediği ancak açıklama niteliği bakımından zayıf kaldıkları görülmektedir. Bu nedenle yanıtlar kısmen doğru olarak kodlanmıştır.

Son testte öğrencilerin %7,5'i MFKT'deki beşinci soruya modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda aktarılmıştır.

D27: Metal cisimlerin dönmesi olayında cismin bir momentumu vardır. Işık gönderildiğinde momentumun korunması için dönmesi gerekmektedir.

D29: Düzenekteki hareket momentum sonucu oluşur.

D36: Beyaz ışık burada metallere enerji uygulamıştır. Momentum devreye girer. Işık parlak yüzeye çarpınca $2v$ ile gidiyorsa mat tarafa çarpan v ile ters yöne doğru gider. Bu yüzden metaller döner.

Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin yanıtları öğrencilerin ışığın tanecik modeli ile ilgili öğretim aşamalarından belirli bölümleri hatırlamakla birlikte açıklamaları bilimsel olarak doğru değildir. Kavramsal değişim bilimsel görüşe doğru gerçekleşmemiştir.

Son testte öğrencilerin %10'u klasik fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Öğretimin klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenciler için olumlu etkisinden söz etmek mümkün değildir. Öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D15: Gönderilen ışın parlak kısma çarpar ve mat kısma yansır. Mat kısım ışığı soğurarak enerji kazandırır ve metaller dönmeye başlar.

D17: Biri ışın yansıtıyor. Biri ise soğuruyor. Bundan dolayı cisim dönüyor.

D38: Parlak yüzeye düşer o da karşısındaki mat yüzeye yansır. O da soğurma yapar. Bu şekilde birbirlerini iterler.

D39: Mat ve parlak kısımda arasında enerji farkı vardır. Mat taraf ışığı soğurur, parlak olan kısım ışığı yansır. Metal cisimde oluşan enerji farkından dolayı döner.

Yukarıda yanıtları verilen öğrencilerin modern fizikle ilişkili herhangi bir açıklama yapmadıkları, öğretim sonrasında da klasik fiziğe dayanan ifadeler kullandıkları görülmüştür. Öğretim klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenciler için ışığın tanecikli yapısına ilişkin kavramsal değişimi sağlayamamıştır.

Son testte öğrencilerin %2,5'i beşinci soruya sezgisel yanıt verirken, %2,5'i de kodlanamaz yanıt vermiştir.

5.1.5.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Gecikmiş son testte öğrencilerin %45'i bilimsel olarak tam doğru, %45'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Genel olarak bakıldığında öğrencilerin %90'ı bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Öğretimin öğrencilerin ışığın tanecikli doğasına ilişkin kavramsal değişimi güçlü olarak yaşamalarında onlara yardımcı olma noktasındaki başarı düzeyinin yüksek olduğu görülmüştür.

Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren öğrencilerden kendisi ile gecikmiş son görüşme yapılanlara ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Beşinci soruda havası alınmış tüp içindeki metallere ışık düşürüldüğünde dönmeye başlıyorlar. Bu duruma ilişkin fikirlerin nelerdir?

D2: Metallerin mat olan kısmına gelen ışığın etkisi ile parlak olan kısma gelen ışığın etkisi ile dönüş gerçekleşir.

Araştırmacı: Yansıma ile doğurma arasında ne gibi bir farklılık oluşur ki metal levhalar döner?

D2: Birinden yansıyıp diğer mat olana gelir ona ulaştığında enerji aktarır. Soğurduğunda da enerji aktarabilir. Gerçi soğurma durumundan pek emin değilim ama.

Öğrenci D2 gecikmiş son görüşmede metallerin dönmesi olayını kısmen açıklayabilse de yansıyan ışın ile soğrulan ışının ne gibi bir fark oluşturarak hareketi sağladığı konusuna açıklık getirememiştir. O nedenle gecikmiş son görüşmedeki yanıtı kısmen doğru olarak kodlanmıştır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda aktarılmıştır.

D28: Işık metal cismin parlak kısmına elektron ile ilgili bazı işlemler gerçekleştirir. Bunlar gerçekleştirirken levha dönmeye başlar.

D35: Metaller eksi yüklüdür. Beyaz ışık tutulduğunda ışığın frekansı yüksek olduğu için metallerde elektron kopmasına sebep oluyor. Yük miktarı değişen metaller sürekli elektron kopararak dönmeye devam ediyor.

D28 öğrencisi yanıtından da görüldüğü gibi verdiği yanıtın emin değildir. Bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip değildir. D35 öğrencisi ise kavram yanılgısına sahiptir. Öğrenci beşinci soruda verilen fiziksel durumu fotoelektrik olayla açıklamaktadır.

Gecikmiş son testte 1 öğrenci (%2,5) soruyu yanıtızsız bırakmıştır.

5.1.5.4 Tartışma

Öğretim öncesinde uygulanan ön testte öğrencilerin %5'i ışığın tanecikli doğasına yönelik sorulan beşinci soruya kısmen doğru yanıt vermiştir. Kendileri ile yapılan ön görüşmeler aslında sorunun içeriğinde ışığın tanecik özelliği göstermesi durumunun varlığını göremediklerini ortaya çıkarmıştır.

Öğretim öncesinde öğrencilerin %5'i modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Örneğin D8 ve D25 öğrencileri, ışığın dalga özelliğinin düzenekteki metallerin dönüşünü sağlayacağına dair fikirleri ileri sürmüştür. Ön testte öğrencilerin %40 gibi büyük bir çoğunluğu klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Klasik fiziğe dayalı açıklamalar yapan öğrencilerin bir bölümü metallerin dönmesi olayını açıklayamayınca, olayı enerjinin korunumu ile açıklayarak "ışık enerjisi hareket enerjisine dönüşmüştür" şeklinde ifadeler kullanmıştır. Ayrıca MFKT'deki birinci sorudan beşinci soruya kadar ışığın yüklü olduğu yönündeki fikirleri kullanan öğrenciler de bulunmaktadır. D1 öğrencisi kendisi ile gerçekleştirilen ön görüşmede ışığın içindeki yüklü parçacıkların mat taraf ile esnek olmayan çarpışma yapacağını, böylelikle düzenekteki metal levhaların dönebileceğini ifade etmiştir. Öğrenci D9 ise, ışıktaki yüklü parçacıkların levhaları yükleyeceği böylelikle levhalar arasında oluşan itme çekme kuvvetlerinin dönüşü sağlayacağını belirtmiştir.

Ön testte yanıtların %32,5'i sezgisel olarak kodlanmıştır. Öğrenciler, detayları bulgular bölümünde görülen yanıtlarında, klasik fiziğe dayalı zihinsel modellerini fazlaca kullanmadan tahminlerde bulunmuşlardır.

Genel olarak öğretim öncesinde uygulanan ön testte öğrencilerin ışığın tanecikli yapısına ilişkin bilimsel olarak tam doğru yanıtlar veremedikleri ortaya çıkarılmıştır. Yapılan ön görüşmelerde de hangi kategoride yanıt vermiş olurlarsa olsunlar, öğrencilerin bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmüştür. Kendisi ile görüşme yapılan öğrencilerin bireysel gelişimini gösteren Tablo 5.10'da 14 öğrencinin yalnız 2'si kendileri ile yapılan ön görüşmede kısmen doğru yanıt verebilmiştir.

Son testte öğrencilerin %40'ı tam, %37,5'i kısmen doğru olmak üzere toplam %77,5'inin soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür. Bu durum öğretimin başarısını göstermiştir. Görüşme yapılan öğrencilerin bireysel gelişimini gösteren Tablo 5.10'a bakıldığında, kendisi ile son görüşme yapılan öğrencilerin yanıtlarının genelde tam doğru olduğu da görülmektedir. Bununla birlikte daha önce analizi verilmiş olan son testteki üçüncüsoruda, öğrencilerin %75'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Işığın doğasına ilişkin öğrenci fikirlerini araştıran her iki soruda da kabul edilebilir yanıtlara ait yüzdelerin yüksek olması, öğretimin ışığın tanecikli doğası ile ilgili bölümünün öğrencilerin kavramsal değişimlerine yardımcı olma noktasındaki başarısını açıkça göstermiştir.

Tablo 5.10: Görüşme yapılan öğrencilerin beşinci sorudaki bireysel gelişimi.

KATEGORİ	ÖN		SON		GECİKMiŞ SON	
	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D1,D2,D4, D9,D20,D22 D23,D25 D26	D1, D2, D4 D9,D12,D16 D20,D21,D22 D23, D24,D25	D1,D4,D9, D12,D20,D21 D22,D23,D24 D25,D31	D1,D4,D9, D12,D16,D21 D22,D23,D24 D25,D31
A.2	D21,D24	D12,D24	D12,D16,D21 D24,D31	D26,D31	D2,D16 D26	D2,D20,D26
B.1	D12					
B.2	D1,D2,D4, D9,D22,D31	D1,D2,D4 D9,D21, D22,D31				
B.3	D16,D20,D23 D25,D26	D16,D20,D23 D25,D26				

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim

Gecikmiş son testte öğrencilerin %45'i tam, %45'i kısmen doğru olmak üzere toplam %90'ı bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğretimin üzerinden geçen uzunca zamana rağmen öğrenciler ışığın tanecikli doğasına ilişkin soruya bilimsel görüş ile uyum içinde olan açıklamalar yazarak yanıt vermiştir. Araştırmada yapılan öğretimin öğrencilerin ışığın tanecikli doğasına ilişkin güçlü kavramsal değişimi yaşamalarında onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğu söylenebilir. Tablo 5.10'da görüldüğü gibi kendisi ile görüşme yapılan 14 öğrencinin

tamamı gecikmiş son test ve görüşmede bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Tablo 5.10'daki gecikmiş son test sütununda italik yazılan D2 ve D16 öğrencilerine ait yanıtların son test ve görüşmeden uzunca zaman sonra açıklama niteliği bakımından zayıfladığı görülmüştür. Kendisi ile yapılan gecikmiş son görüşmede D16 öğrencisi bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu açıklamaları ile göstermiştir. Öğrenciler araştırmada kullanılan MFKT gibi kavram testlerine nitelik bakımından zayıf yanıtlar yazabilmektedir. Bu nedenle kavramsal değişimin inceleneceği eğitim araştırmalarında görüşme yapmanın önemi özellikle ortaya çıkmıştır. Kendisi ile görüşme yapılan Öğrenci D2'nin de gerçekten bilimsel olarak kısmen doğru fikirlere sahip olduğu görülmüştür.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i modern fiziğe dayalı, %2,5'i klasik fiziğe dayalı yanıt verirken, %2,5'i soruyu yanıtızsız bırakmıştır. Gecikmiş son testte modern fiziğe dayalı yanıtlar veren D28 ve D35 öğrencilerinin açıklamalarında görülen kavram yanılgısı ilginçtir. Öğrenciler gelen ışığın metal levhalardan fotoelektrik olay ile elektron koparacağını, yüklenen levhaların birbirine uygulayacağı itme çekme kuvveti sebebiyle dönüş hareketinin sağlanacağını belirtmişlerdir. D28 öğrencisinin ön testte ışığın elektronlardan oluştuğu ve bu elektronların çarpması ile levhaların döneceği yönündeki fikirleri öğretim sonrasında bilimsel görüşe doğru değişmiştir. Ancak ışığın tanecik doğası ve sahip olduğu momentum ile açıklanabilecek bir duruma fotoelektrik olayı uygulamaya çalışmaktadır. Bu nedenle kavramsal değişimi zayıf olarak yaşadığı söylenebilir. Nadiren de olsa öğretimin kavramsal değişimini sağlamada başarılı olamadığı D28 ve D35 benzeri öğrenciler de bulunmaktadır. Bu öğrencilerin motivasyon ve tutum durumları daha sonra sonuç ve öneriler kısmında tartışılacaktır.

5.1.6 MFKT'deki Atom Modelleri ile İlgili Altıncı Soruya İlişkin Bulgular

MFKT'de yer alan ve atom modelleri ile ilgili öğrencilerin fikirlerini incelemek amacı ile sorulan altıncı soru aşağıda Şekil 5.17'de görülmektedir. Öğrencilerden boş bırakılan kutucuğa hidrojen atomunun şeklini çizmeleri ve gerekli açıklamaları yapmaları beklenmektedir. Öğrencilerin yanıtları, hidrojen atomunun

modern atom teorisindeki orbital kavramına dayanan çizimleri ve buna ilişkin bilimsel açıklamalar içerdiğinde bilimsel olarak tam doğru kabul edilmiştir.

6. Olabildiğince detaylı olarak Hidrojen atomunun şeklini aşağıdaki kutucuğa çizin. (${}^1\text{H}$). Çizimlerinize dair açıklamalarınızı yapınız.

	Açıklama: _____ _____ _____ _____ _____ _____
--	---

Şekil 5.17: MFKT'deki atom modelleri ile ilgili altıncı soru.

Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki altıncı soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.11 oluşturulmuştur.

Öğrencilerin ön testte verdiği yanıtların %82,5'i Tablo 5.11'de görüldüğü gibi Bohr Atom Modeline dayanmaktadır. Öğrencilerin özellikle kimya derslerinde Bohr Atom Modeline dayanan birçok konu öğrendikleri bilinmektedir. Örneğin 9.sınıfta öğrenciler elementlere ait elektronların yörüngelere yerleşimini katman elektron dizilimi başlığında öğrenmişlerdir. Benzer şekilde 10.sınıf kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinde, elektronların enerji seviyeleri arasındaki geçişlerinde yapacakları ışımaların dalgaboylarını ya da enerjilerini hesaplamışlardır. Bohr Atom Modeline dayanan bilimsel olarak kabul edilemez yanıtların sayıca fazla oluşu, öğrencilerin kimya dersindeki deneyimlerine bağlanabilir. Öğrenciler 10.sınıf kimya dersinde Modern Atom Teorisini de öğrenmiştir. Ancak şaşırtıcı bir şekilde ön testte Modern Atom Teorisine dayanan açıklamalar yapan öğrenci bulunmamıştır.

Daha sonra detayları açıklanacak olan ön görüşmeler, öğrencilerin Modern Atom Teorisinin temelini oluşturan Heisenberg Belirsizlik İlkesi ve Orbital kavramına yönelik bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Ön testte nadiren de olsa, atomun medyatik modeline, melez modellere ve katman elektron dizilimine dayanan yanıtlar görülmüştür. Bahsedilen kategorilerdeki yanıtların detayları ön testten elde edilen bulgular bölümünde verilecektir.

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %72,5'inin, öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan gecikmiş son testte ise öğrencilerin %67,5'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür.

Tablo 5.11: MFKT'deki Altıncı Sorunun Analizi.

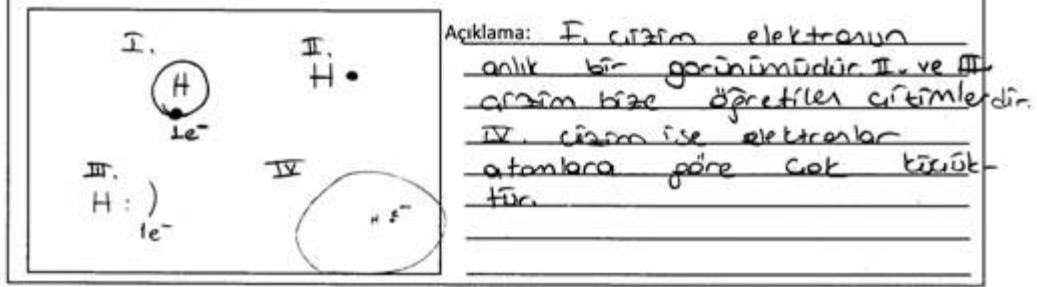
YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar			
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	19 (47,50)	16 (40,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	0	10 (25,00)	11 (27,50)
Ara Toplam 1	0	29 (72,50)	27 (67,50)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. Modern Atom Teorisine Dayalı Yanıtlar	0	3 (7,50)	2 (5,00)
2. Bohr Atom Modeline Dayalı Yanıtlar	33 (82,50)	2 (5,00)	5 (12,50)
3. Medyatik Model	1 (2,50)	0	0
4. Melez Yanıtlar	3 (7,50)	4 (10,00)	2 (5,00)
5. Katman Elektron Dizilimi ve Lewis nokta yapısı gösterimi	2 (5,00)	1 (2,50)	0
Ara Toplam 2	39 (97,50)	10 (25,00)	7 (22,50)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	1 (2,50)	1 (2,50)	0
D. Yanıtsız			4 (10,00)
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Tablo 5.11 genel olarak bu araştırmada uygulanan bilişsel çatışmaya dayalı öğretimin atom modelleri ile ilgili bölümünün, öğrencilerin atom modellerine ilişkin kavramsal değişim süreçlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğunu göstermiştir. Tablo 5.11'e ait detaylı bilgiler aşağıda başlıklar altında verilecektir.

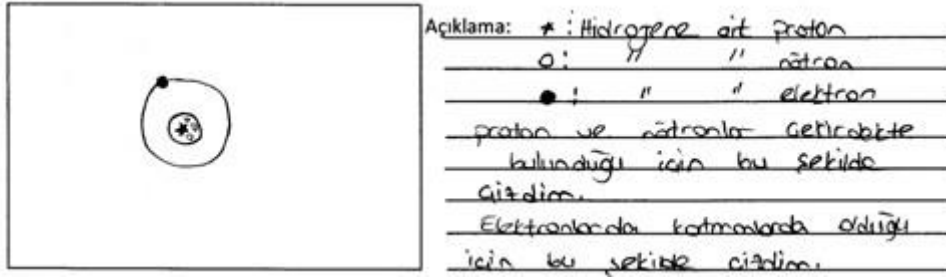
5.1.6.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön testteki atom modelleri ile ilgili altıncı soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Daha önce belirtildiği gibi Modern Atom Teorisini 10.sınıf kimya dersinde öğrenmiş olsalar da öğrencilerin %82,5'inin hidrojen atomunun şeklini Bohr Atom Modeline dayanarak çizdiği görülmüştür. Bohr Atom Modeline dayalı yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

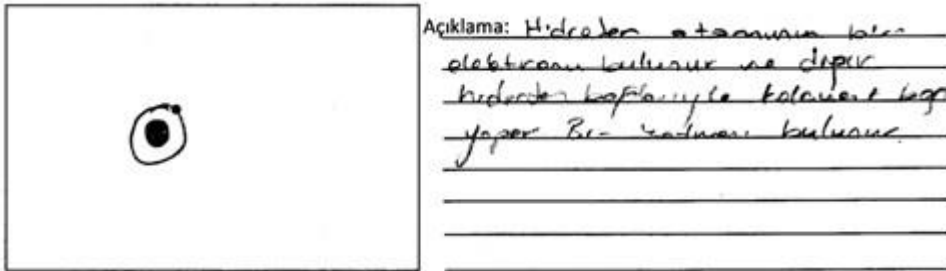
Şekil 5.18, Şekil 5.19, Şekil 5.20 ve Şekil 5.21'de görüldüğü gibi öğrenciler merkezde çekirdeğin bulunduğu etrafında ise yörünge ya da katman diye adlandırdıkları bir çember bulunan şekil çizmişlerdir. Öğrenciler açıkça görüldüğü gibi Bohr Atom Modeline dayalı çizimler yapmıştır.



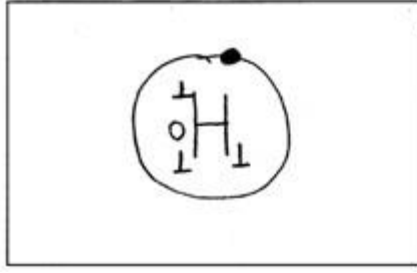
Şekil 5.18: D1 öğrencisinin ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt.



Şekil 5.19: Öğrenci D4'ün ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt.



Şekil 5.20: Öğrenci D23'ün ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt.



Açıklama: ^{ör} Hidrojen atomunda 1 elektron 1 proton vardır. 1 elektron olduğu için elektron kapasitesi olduğu kadar pozitif gaz halinde bulunur. Atom numarası 1'dir.

Şekil 5.21: Öğrenci D24'ün ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

Bohr Atom Modeline dayalı yanıt veren öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılanlara ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: H harfi yazıp etrafına bir çember çizip üzerine bir nokta koymuşsun. Açıklayabilir misin?

D1: Birinci şekilde elektron 1 tane elektron olduğunu ve bir yörüngede döndüğünü biliyoruz. İkinci şekilde Lewis Nokta Yapısı ile göstermiştim. Üçüncüde katman şeklinde birinci ile aynı gibi oldu. Dördüncüde ise atomun küçük ama elektronun ondan çok daha küçük olduğunu gösteriyor.

Araştırmacı: Birinci şekil ile ilgili bir sorum olacak. Örneğin elektron burada. Biraz sonra nerede?

D1: Hım. Belirsizlik ilkesi. Hızını bilemeyiz. Bir anlık hızını biliyorsak, yerini bilemeyiz. Yerini biliyorsak hızını bilemeyiz gibi bir şey vardı.

Araştırmacı: Peki elektronun biraz sonra bir fotoğrafını almak istesek nerede bulunur elektron?

D1: Varsayılan yörüngede. Yörüngenin üzerindedir ama konumu tam olarak bilinemez.

Araştırmacı: Sonuçta yörüngenin üzerinde midir?

D1: Evet.

D1 öğrencisi ön testte tamamen Bohr Atom Modeline dayalı yanıt vermişken, aslında kimya dersi içeriğinde öğrendiği Heisenberg Belirsizlik ilkesini hatırlamıştır. Ancak Heisenberg Belirsizlik ilkesini doğru açıklayamadığı gibi, Modern Atom Modeline temel oluşturduğu konusunda bir kavramsal anlamaya sahip değildir. Araştırmacının sorusu üzerine Belirsizlik İlkesini hatırlayan D1 öğrencisi

görüşmenin son bölümlerinde elektronun yerini belirleyemsek de hep yörüngenin üzerinde bir yerde olacağını belirtmiştir.

Araştırmacı: Altıncı soruda çizdiklerini açıklayabilir misin?

D4: Hidrojen atomun çekirdeği ve katmanları elektronlarının bulunduğu orbitalleri diye açıklamıştım ben bunları.

Araştırmacı: Katman, orbital hangisi doğru?

D4: Orbital çünkü elektronların bulunduğu orbital. O yüzden orbital diyelim katman demeyelim.

Araştırmacı: Katman nedir?

D4: Katman...Aslında atom için kullanılabileceğini düşünmüyorum. Atom için kullanılmaz katman.

Araştırmacı: Çizime dönersek

D4: Şimdi protonu ortasına çekirdek etrafına bir orbital çizdim. Çekirdekte nötron ve proton çizdim. Nötr bir element ise bir elektron çizdim.

Araştırmacı: Bir sorum olacak. Bu çizgi için orbital demiştin. Elektronun farklı zamanlarda fotoğrafını alsak bu orbitalin üzerinde mi buluruz hep?

D4: Aslında bu şekli biraz daha detaylı çizmem gerekir. Bir çok orbital var çünkü. Ama bir elektron var. O yüzden tek orbital çizmem yeterli.

Araştırmacı: Esas sorum şu bir orbitalde bir elektron var. Bu çizmiş olduğun halkaya orbital dedin.

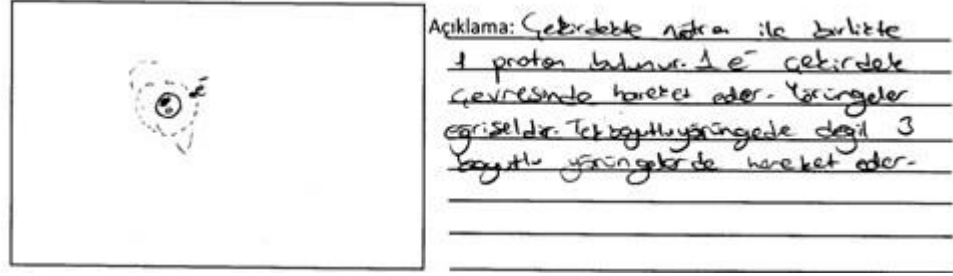
D4: Evet

Araştırmacı: Bu elektron bu çizgi üzerinde midir?

D4: Sürekli orbitalin üzerinde görürüz. Sürekli bu halkanın üzerindedir.

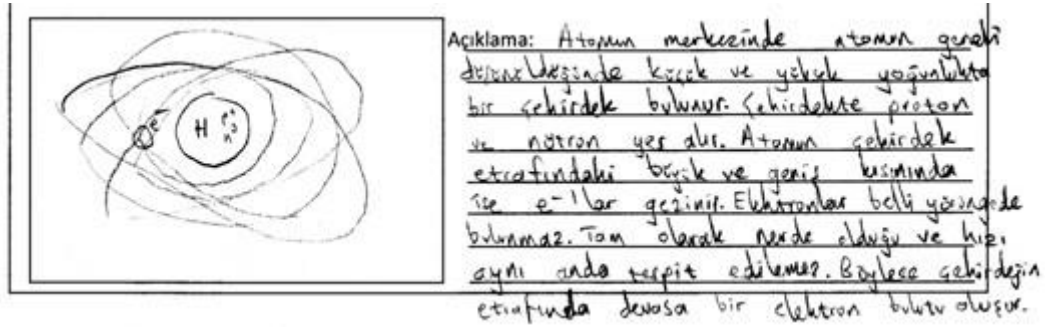
Öğrenci D4 görüşmenin başlarında katman ve orbital ifadelerini kullanmıştır. Ancak görüşmenin ilerleyen bölümlerinde katman kavramının atom için kullanılmasını uygun bulmadığını belirtmiş, yalnızca orbital kavramını kullanmaya başlamıştır. Ancak çekirdek etrafına çizdiği çemberi orbital olarak tanımladığından fikirlerinin bilimsel görüşle uyum içinde olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Araştırmacının sonda sorusu üzerine elektronun sürekli fotoğrafı çekildiğinde orbital olarak isimlendirdiği çember üzerinde olacağını belirtmiştir. Öğrenci kimya dersinde öğrendiği orbital kavramını kullanmaya çalışsa da Bohr Atom Modeli çerçevesinde bir kavramsal anlamaya sahiptir.

Ön testte öğrencilerin %2,5'i (1 kişi) atomun medyatik modelini içeren yanıt vermiştir. Medyatik model aslında bilimsel olarak ortaya atılmış herhangi bir atom modeline uygun değildir. Özellikle kitaplarda ve internetteki bazı görsel kaynaklarda rastlanan bir çizimdir. Öğrenci D10 günlük hayatta karşılaştığı medyatik atom modeline ait çizimi yanıtına taşımıştır. Öğrenci D10'a ait yanıt aşağıdaki Şekil 5.22'de görülmektedir.



Şekil 5.22: Öğrenci D10'un ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

Ön testte öğrencilerin %7,5'i soruya atoma ait melez modelleri kullanarak yanıt vermiştir. Öğrencilere ait yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.



Şekil 5.23: Öğrenci D2'nin ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

Öğrenci D2, Şekil 5.23'de görüldüğü gibi atomun medyatik modeline ait çizimi kullanarak açıklamalarını modern atom teorisine göre yapmıştır. Öğrenci, elektronların belirli yörüngelerde bulunmayacağını, tam olarak nerede olduğu ve hızının aynı anda tespit edilemeyeceğini belirtmiştir. Belirsizlik ilkesini kullanmasına rağmen iç içe geçmiş üç boyutlu yörüngeler çizdiği, aslında Bohr Atom Modelinden etkilenmeye devam ettiği görülmüştür. D2 ile yapılan ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Altıncı soruda çizdiklerini açıklayabilir misin?

D2: Hidrojen atomunu bir futbol sahasına benzetsek, orta yuvarlağı çekirdek gibi düşünelim geri kalan türbinleri de atom gibi düşünebiliriz. Atomun tamamına baktığımızda çekirdek çok küçük ve çok yoğun bir kısımdır. Çekirdekte proton ve nötronlar bulunmaktadır. Çevresinde elektronlar belirli orbitallere göre sıralanıp dolanmaktadır.

Araştırmacı: Orbital diye bir kavram kullandın. Nedir orbital?

D2: Elektronların bulunabileceği yerlerle alakalı matematiksel bir fonksiyon.

Araştırmacı: Biraz daha detaylı bilgi verebilir misin?

D2: Elektronların bulunma ihtimalinin olduğu yerler.

Araştırmacı: Neden bir ihtimalden bahsettin. Elektronun yeri konusunda bir ihtimal mi var?

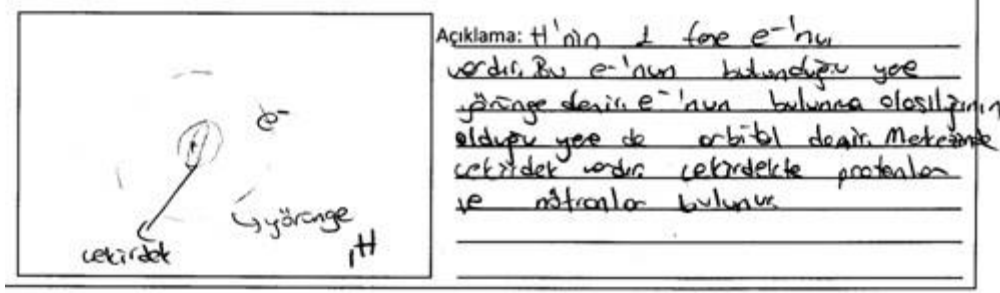
D2: Heisenberg'in belirsizlik ilkesi var. Elektronun hızı ve bulunduğu yeri tam olarak belirlenemez. Ya hızı belirlenip yeri belirlenemez ya da yerini belirleyip hızını belirleyemeye biliriz. Atomu da sürekli gözlemlemediğimizden dolayı elektronların gezinebilecekleri yerlere orbital kavramı diyoruz.

Araştırmacı: Elektron bulutundan söz etmişsin yanıtında.

D2: Elektronlar sürekli orbitallerde gezindiğinden dolayı elektron bulutu gibi bir modellemeden söz edilebilir.

Öğrenci D2'nin görüşme diyalogları kendisinin kısmen de olsa doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Orbitalleri elektronların bulunma ihtimalinin olduğu yerler olarak tanımlamıştır. Belirsizlik ilkesi için kullandığı tanım da tam doğru değildir. Öğrenci Belirsizlik İlkesini Elektronun yeri ve hızının tam olarak belirlenememesi olarak tanımlamıştır. Kimya dersinde öğrendiği kavramları az da olsa yapılandırarak öğrendiği kendisi ile yapılan ön görüşmede ortaya çıkarılmıştır.

Melez yanıt veren başka bir öğrenci de D21'dir. Öğrencinin yanıtı Şekil 5.24'de doğrudan aktarılmıştır.



Şekil 5.24: Öğrenci D21'in ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

Öğrenci D21'in de ön testteki yanıtı Bohr Atom Modeli ile Modern Atom Modelini bir arada kullandığını göstermiştir. Öğrenci elektronun bulunduğu yerin yörünge olduğunu, bulunma olasılığının olduğu yere de orbital denildiğini yazmıştır.

Öğrenci ile yapılan ön görüşmeye ait diyalog aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Altıncı soruda çizdiklerinizi açıklayabilir misin?

D21: Yuvarlak olan çekirdek ve etrafında yörüngesi. Elektron da 1 tane eğer nötr olursa. Bu şekilde.

Araştırmacı: elektronun fotoğrafını çeksem, bir zaman sonra tekrar fotoğraf çeksem elektronu bu yörünge üzerinde mi bulurum.

D21: evet. Her noktaya gelir diye bir şey söyleyemem. Orbitaller vardır. O yörünge üzerindedir ama her noktada olur mu bilemem.

Araştırmacı: Orbital diye bir kavram kullandın. Açıklayabilir misin?

D21: Bir atomda elektronların bulunma olasılığının fazla olduğu yerler.

Araştırmacı: Bu orbitalleri şuraya çizmiş olduğun yörünge ile birleştirebilir misin?

D21: Orbital aslında yörünge içinde. Buraya elektronu çizmişim. Burası orbital olarak düşünülebilir. Yörünge üzerinde orbital var. Yörünge üzerinde bulunma olasılığının fazla olduğu yerler de orbitaldir.

Araştırmacı: Sonuçta elektronun çoklu fotoğrafını aldığımızı düşünsek hep bu yörünge üzerinde mi buluruz?

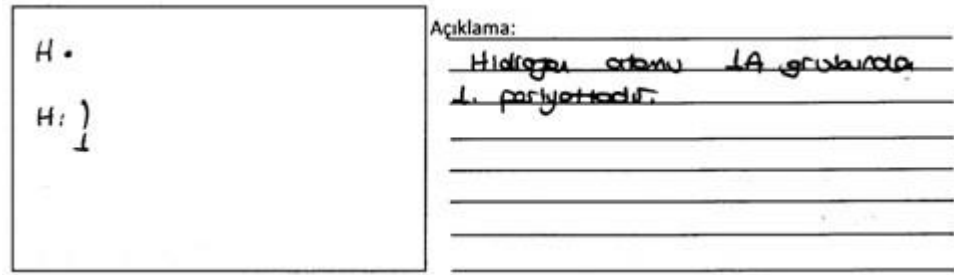
D21: Evet.

Öğrenci D21 ön testte olduğu gibi ön görüşmede de melez yanıt vermiştir. Elektronların sürekli yörünge üzerinde dolaşacaklarını ancak yörünge üzerindeki her

noktada bulunmalarının mümkün olmadığını belirtmiştir. Orbitalleri, yörünge üzerinde elektronun bulunabileceği noktalar olarak tanımlayan öğrenci D21 açıkça görüldüğü gibi Bohr Atom Modeli ile Modern Atom Modelini birleştirip melez bir model oluşturmuştur.

Ön testte öğrencilerin %5'inin kimya dersinde öğrendiklerine dayanarak katman elektron dizilimi ve Lewis nokta yapısı gösterimini kullanarak yanıt verdikleri görülmüştür. Bu öğrencilere ait yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

Öğrenci D25'in ön testte verdiği yanıtta önce Lewis nokta yapısını kullandığı, sonra da katman elektron dizilimi ile hidrojenin yanında bir elektron gösterdiği görülmektedir.



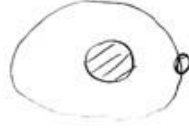
Şekil 5.25: Öğrenci D25'in ön testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

Ön testte öğrencilerin %2,5'i de "proton numarası 1 dir. Değerlik alacağı zaman +1 alır" şeklinde kodlanamaz yanıt vermiştir.

5.1.6.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %47,5'i MFKT'deki altıncı soruya tam doğru yanıt vermiştir. Öğretimin bu öğrencilerin atom modellerine yönelik kavramsal değişimi sağlamalarında onlara yardımcı olduğu görülmektedir. Öğrenciler ile gerçekleştirilen görüşmelerde kullanılan görüşme formunun altıncı soru ile ilgili bölümünde, öğrencilere 2 adet boş kutucuk verilmiş, onlardan Bohr ve Modern Atom Modellerine göre hidrojen atomunun şeklini çizmeleri istenmiştir. Öğrencilerin görüşmelerdeki çizimlerine ve bu çizimlerinin ayrıntılarının öğrenilmeye çalışıldığı diyaloglara ait örnekler aşağıda aktarılmıştır.

Bohr Atom Modeli



Modern Atom Teorisi



Şekil 5.26: Öğrenci D2'nin son görüşme formundaki atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler.

Araştırmacı: Şekildeki kutucuklara Bohr ve Modern Atom Modeline göre hidrojen atomunun şeklini çizebilir misin?

D2: Bohr atom modelinde ortada tek bir çekirdek, belirli bir yörüngede tek bir elektron. Modern atom teorisinde elektronun bulunma olasılığının yüksek olduğu yerler orbitali gösteriyordu. Rutherford Atom Modelinde ise pozitif yüklerin çekirdekte olduğunu söylüyor. Elektronların yerleri konusunda bir fikri yok ama çekirdeğin etrafında bir yerlerde diye söylüyor.

Ön testte medyatik atom modeli şeklini çizip, modern atom teorisine dayalı açıklama yaparak melez yanıt veren öğrenci D2'nin son test ve görüşmede kavramlarını bilimsel görüşe doğru güçlü bir şekilde değiştirdiği görülmüştür.

Bohr Atom Modeli



Modern Atom Teorisi



Şekil 5.27: Öğrenci D21'in son görüşmedeki atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler.

Araştırmacı: Şekildeki kutucuklara Bohr ve Modern Atom Modeline göre hidrojen atomunun şeklini çizebilir misin?

D21: Thompson üzümlü keke benzetmişti. Artılar ve eksiler dağınık biçimde bulunuyordu. Ruhterford güneş sistemine benzetiyordu. Ortada çekirdek olduğunu etrafında elektronların olduğunu söylemiştir. Bohr'da da aynıydı. Enerji seviyelerinden bahsetmiştir.

Araştırmacı: Modern Atom Teorisi

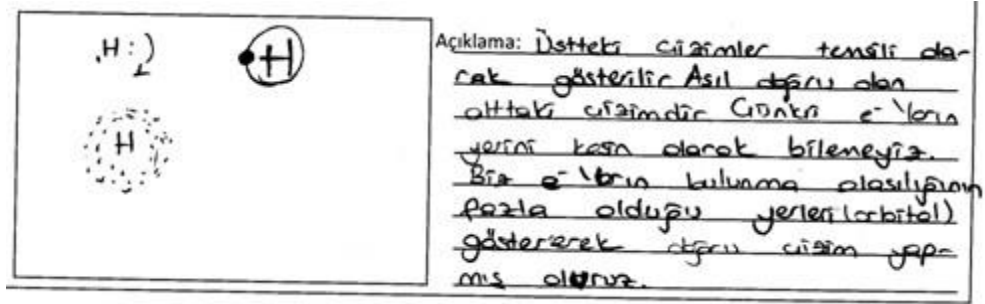
D21: Şu nokta nokta olan yerler orbital oluyor.

Araştırmacı: Şu noktalar ne oluyor?

D21: Elektronların bulunma olasılığının fazla olduğu yerler. Elektron sürekli değişik yerlerde oluyor. Sürekli fotoğrafı çekildiğinde orbital dediğimiz bu şekil oluşuyor.

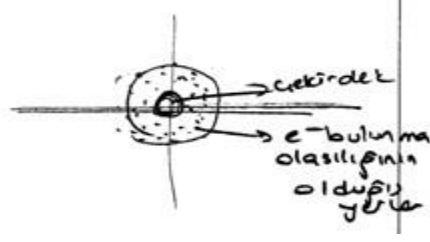
Ön testte kimya dersinde edindiği bilgileri birbirine karıştırarak melez yanıt veren Öğrenci D21 son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Kendisinin yapılan öğretimin atom teorileri ile ilgili bölümünden olumlu etkilendiği görülmüştür.

Son testte öğrencilerin %25'i soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtlarının açıklama niteliği bakımından zayıf olduğu görülmüştür. Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.



Şekil 5.28: D1 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

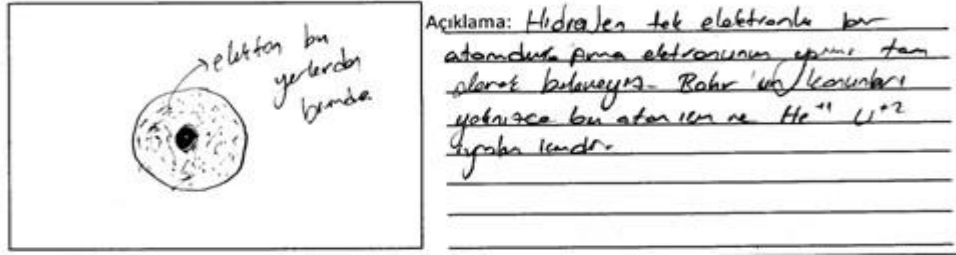
Şekil 5.28'de görüldüğü gibi kısmen doğru yanıt veren D1 öğrencisinin kavramsal değişimini daha detaylı inceleyebilmek için kendisi ile yapılan son görüşmedeki formda bulunan soruya verdiği yanıt ve görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.



Şekil 5.29: D1 öğrencisinin son görüşmedeki soruya yaptığı çizim.

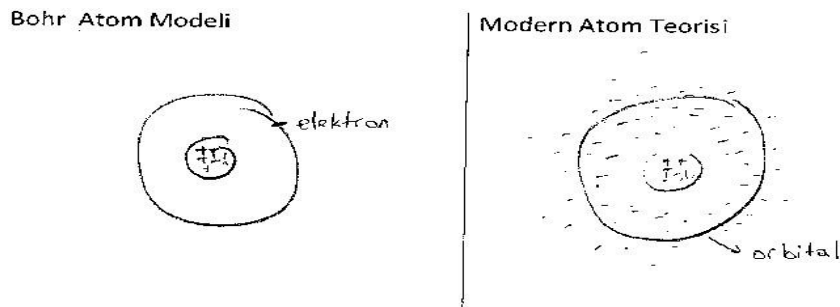
D1 öğrencisi son görüşmede Şekil 5.29'da görülen çizimin hem Rutherford ve Modern Atom Modellerine uygun olduğunu belirtmiştir. Bohr Atom Modeline ait bir çizim de yapamamıştır. Kavramsal değişimi zayıf olarak yaşamış olup, son görüşmedeki yanıtları modern atom teorisine dayanmış olsa da bilimsel olarak kabul edilemez türdendir.

Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerden olan D23'ün son testte verdiği yanıt aşağıda aktarılmıştır.



Şekil 5.30: Öğrenci D23'ün son testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

Şekil 5.30'da görülen yanıtı veren öğrenci D23'ün son görüşmedeki görüşme formunda bulunan soruya verdiği yanıt aşağıda aktarılmıştır.



Şekil 5.31: Öğrenci D23'ün son görüşmede atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler.

Son testte kısmen doğru yanıt veren öğrenci D23'ün son görüşme formundaki soruya verdiği yanıt bilimsel olarak tam doğrudur. Öğrenciye ait son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Şekildeki kutucuklara Bohr ve Modern Atom Modeline göre hidrojen atomunun şeklini çizebilir misin?

D23: Thompson üzümlü keke benzetiyordu. Yükler üzümlü kek gibi dağılır. Rutherford'da çekirdek var. Elektron bunun çevresinde dönüyor. Rutherford sürekli ışımaya olur o nedenle çekirdeğin üstüne yapışması gerekir diyordu. Ancak Bohr belli yörüngelerde dolaşır çekirdeğin üzerine yapışmaz diyordu. Ancak tek elektronlu sistemleri açıklıyordu. Modern Atom Teorisinde orbital kavramı var. Kesin yerini bilmiyoruz. Bulunma olasılığının olduğu yerler var bunlara da orbital diyoruz.

Araştırmacı: Orbital kavramı ile ilgili daha geniş bilgi verebilir misin bana?

D23: Bir katman gibi bir şey düşünelim. Elektron çekirdekle o katman arasında herhangi bir yerde olabilir. Çekirdeğe yakın bir yerde de olabilir uzak bir yerde de olabilir. Elektronun bulunma olasılığının en yoğun olduğu bölgeye orbital diyoruz.

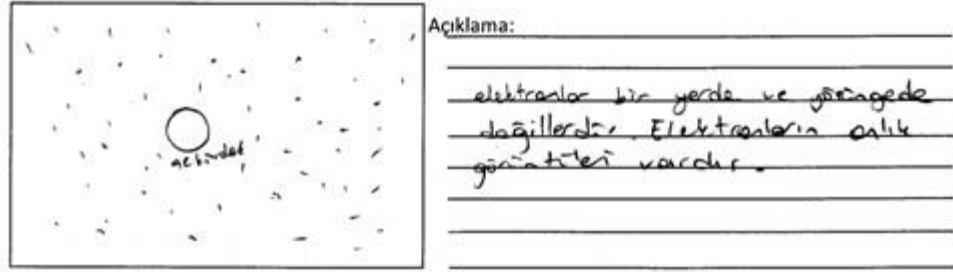
Öğrenci D23'ün öğretim sonrası fikirleri görüşme diyaloglarında görüldüğü gibi bilimsel görüşle uyum içindedir. Öğrenci açıklayabildiği ve açıklayamadığı yönleri ile atom modellerini değerlendirmiştir. Yalnızca Rutherford'a diğer bilim adamları tarafından getirilen eleştiriyi, Rutherford Atom Modeli'nin bir özelliği olarak belirtmiştir. Oysaki Rutherford'un elektronun sürekli ışımaya yapacağı ve zamanla çekirdeğin üzerine düşeceği şeklinde bir önerisi bulunmamaktadır.

Görüldüğü gibi kısmen doğru yanıt veren öğrencilerle gerçekleştirilen görüşmelerin önemi ortaya çıkmaktadır. Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerden D1 bilimsel olarak kabul edilemez türden, D23 ise bilimsel olarak kabul edilebilir bir kavramsal anlamaya sahiptir.

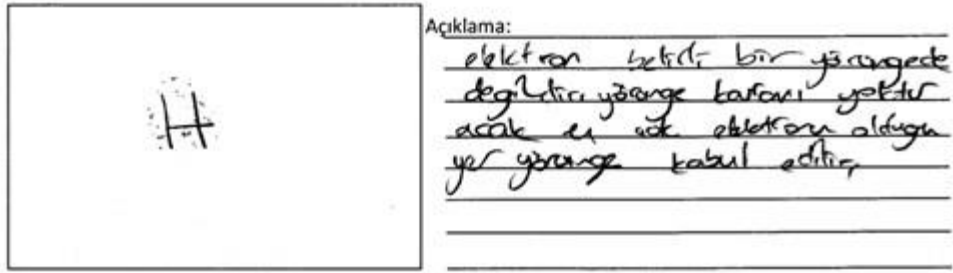
Son testte öğrencilerin %7,5'i Modern Atom Modeline dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

Şekil 5.32'de görülen D36 öğrencisinin son testteki yanıtında öğrencinin çekirdeğin etrafına rastgele dağılmış konumlar çizdiği ancak bir orbital oluşturmadığı

görülmektedir. Açıklamalarında elektronların yörüngede olamayacaklarını ancak anlık görüntülerinin olabileceğini belirtmiş olsa da kavramsal değişimi zayıf olarak yaşadığı görülmektedir.



Şekil 5.32: D36 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

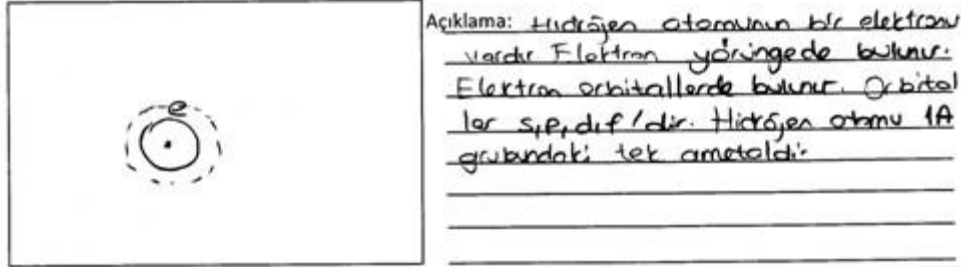


Şekil 5.33: D38 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

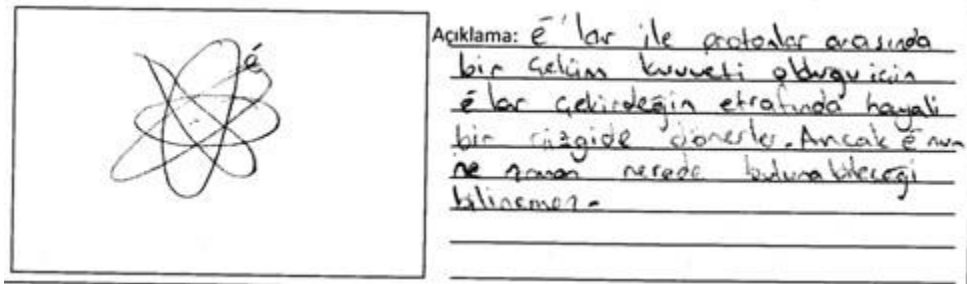
Şekil 5.33'de görülen D38 öğrencisinin son testteki yanıtında öğrencinin elektrona ait değişik konum değerleri belirlediği görülmektedir. Ancak açıklamalarının bilimsel olarak kabul edilemez türden olduğu anlaşılmıştır. Öğrenci elektronun belirli bir yörüngede olamayacağını belirtmiş, ancak elektronun en çok olduğu yerin yörünge kabul edildiğini ifade etmiştir.

Son testte öğrencilerin %5'i altıncı soruya Bohr Atom Modeline dayalı yanıtlar vermiştir. Bu öğrencilerin tümü ön testte de Bohr Atom Modeline dayalı yanıt vermiştir. Böylelikle öğretimin öğrencilerin Modern Atom Modeline doğru kavramsal değişimi yaşamalarında onlar için etkili olmadığı anlaşılmaktadır. Son testte öğrencilerin %10'u iki atom modelinin birlikte kullanıldığı melez yanıtlar vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D6 öğrencisinin Şekil 5.34'de görülen yanıtına ait açıklamalarında elektronun hem yörüngede hem de orbitallerde bulunacağını belirttiği görülmüştür. Öğrenci, orbital kavramı konusunda yeterince ikna olmadığından yörünge kavramının güçlü kökleri orbital kavramına geçişi engellemektedir.

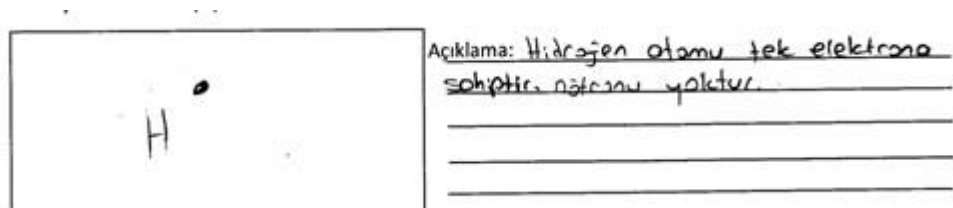


Şekil 5.34: D6 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt.



Şekil 5.35: D18 öğrencisinin son testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

Melez yanıt veren öğrencilerden D18'e ait yanıt Şekil 5.35'de görülmektedir. Öğrenci hidrojen atomunun şeklini medyatik modele göre çizmiştir. Elektronun çekirdeğin etrafında hayali bir çizgide döneceği yönündeki açıklamaları Bohr Atom Modeline dayanırken, elektronun ne zaman nerede bulunabileceğinin bilinemeyeceği yönündeki ifadesi Modern Atom Modeline dayanmaktadır. Öğrencinin tam anlamıyla bir karmaşa yaşadığı görülmüştür.



Şekil 5.36: Öğrenci D24'ün son testteki altıncı soruya verdiği yanıt.

Şekil 5.36'da görüldüğü gibi öğrenci D24 son testte soruya katman elektron dizilimi ile yanıt verirken, bir öğrenci de (%2,5) de soruya kodlanamaz yanıt vermiştir.

5.1.6.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Gecikmiş son testte yer alan ve aynı kazanımı ölçecek şekilde değiştirilerek yeniden sorulan altıncı soru Şekil 5.37'de görülmektedir.

Öğrencilere iki kutucuk verilmiş hidrojen atomunun şeklini Bohr ve Modern Atom Modellerine göre çizmeleri ve gerekli açıklamaları yapmaları istenmiştir.

6.
Olabildiğince detaylı olarak Hidrojen atomunun şeklini Bohr Atom Modeline ve Modern Atom Teorisine göre aşağıdaki kutucuklara ayrı ayrı çiziniz. (1H). Çizimlerinize dair açıklamalarınızı yapınız.

Şekil 5.37: Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT'deki altıncı soru.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %40'ı tam, %27,5'i kısmen doğru olmak üzere toplam %67,5'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Genel olarak bakıldığında kabul edilebilir yanıtlar bakımından öğretimin öğrenmenin kalıcılığını sağladığı da görülmüştür. Tam doğru yanıt veren öğrencilerden D12'nin gecikmiş son test yanıtı aşağıda görülmektedir.

Şekil 5.38'de görülen tam doğru yanıt veren öğrenci D12'ye ait gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Altıncı soruda kutucuklara çizdiğiniz şekilleri açıklayabilir misin?

D12: Bohr atomun çekirdeği etrafında belirli yörüngelerde dönen elektronlar olduğunu söylüyordu. Modern Atom Teorisine göre elektronun her zaman aynı yerde

değil ama belirli enerji düzeylerinde olasılıklar bütünü olarak düşünmemiz gerektiğini söyler. Şekillerle açıkladım. Bohr'un kinde tek bir yörüngede dönen bir elektron, burada ise yörünge denilebilecek bir bölgenin içinde farklı binlerce fotoğrafın oluşturduğu şekil.

Araştırmacı: Çemberin dışındaki noktalar?

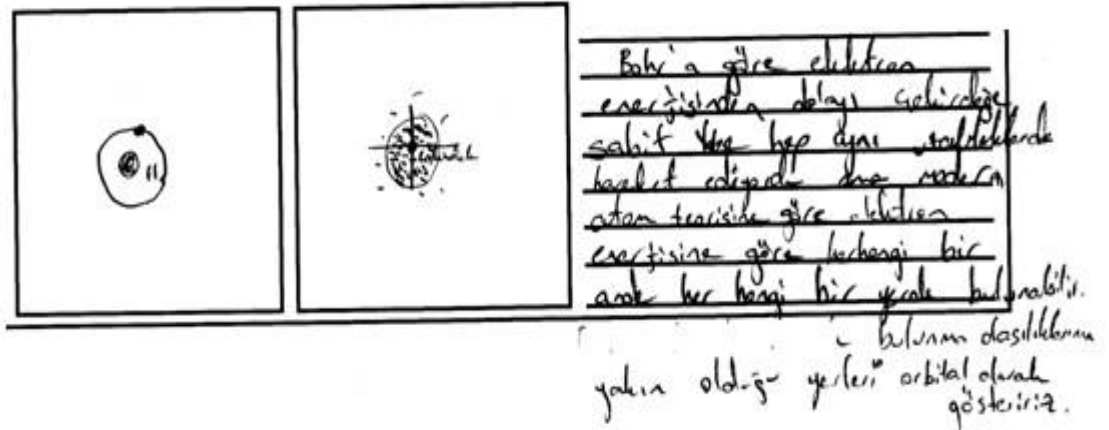
D12: İllaki bu çemberin içinde olacak diye bir kural yok.

Araştırmacı: Her iki şekil içinde yörünge kavramını kullandın. Bunu biraz daha açıklayabilir misin?

D12: Bohr için yörünge, ancak modern atom teorisinde elektronların bulunma olasılıklarının fazla olduğu yerler söz konusu.

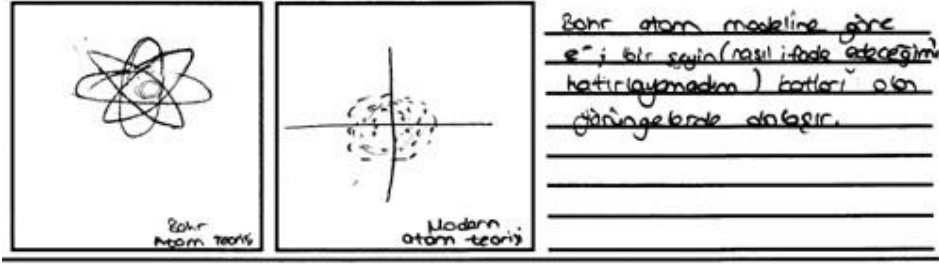
Araştırmacı: İkinci şekilde elektronların bulunma olasılığının fazla olduğu bölgeyi çizdiğini söyledin. Bir alan mı algulamalıyım bu çizimden. Bir disk şeklinde midir?

D12: Hayır bu bölge üç boyutludur.



Şekil 5.38: Öğrenci D12'nin gecikmiş son testte atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler.

Gecikmiş son görüşme diyalogları öğrenci D12'nin bilimsel görüşle bire bir uyumlu bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Ön testte Bohr Atom Modeline dayalı yanıt veren öğrenci D12 son ve gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğretim aşamalarının öğrenciyi bilişsel gelişim anlamında olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Öğrencilerin kavramsal değişim durumlarını daha iyi betimleyebilmek için kısmen doğru yanıt veren öğrencilerin görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.



Şekil 5.39: Öğrenci D4'ün gecikmiş son testte atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler.

Öğrencinin gecikmiş son test yanıtı Bohr Atom Modeli ile Medyatik Atom Modeli arasında karmaşa yaşadığını gösterse de kendisi ile yapılan gecikmiş son görüşmede Bohr Atom Modeline ilişkin doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğu görülmüştür. Gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Bohr ve Modern Atom Modeline göre hidrojen atomunun şeklini çizmenizi istemiştik.

D4: Elektronun bulunma olasılığının olduğu elektron bulutuna orbitaller adı verilir. Ama Bohr Atom Modelinde elektronlar $h/2\pi$ olan yörüngelerde döner diyordu. Yörünge çizmeye çalıştım. Bir tane çizmek istemedim o nedenle üç boyutlu çizdim. Böyle çizmek istemedim aslında da onlar yörüngeleri gösteriyor.

Araştırmacı: Diğer şekil?

D4: Elektronun sürekli fotoğrafı çekilirse, elektronların bulunma olasılığının olduğu bölge. Bir bakıyoruz burada bir bakıyoruz başka yerde. Elektronun bulunduğu yere yine yörünge denir. Orbital ile yörünge farkını tam ayırt edemiyorum.

Araştırmacı: Elektronlar yörüngedir ama bu yörüngeleri toplamını orbitali mi veriyor? Az önce elektron yörünge de dedin. Bir de orbitalden bahsettin.

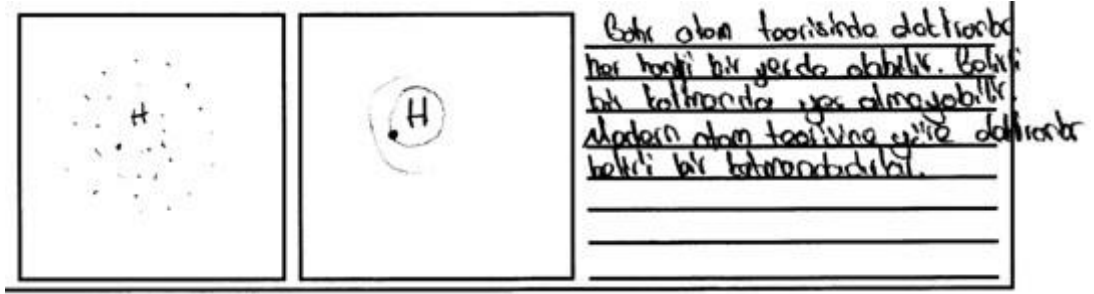
D4: Söylediğimden doğru algılamışsınız. Ama ben doğru söyleyip söylemediğimden emin değilim. Özetle ben elektronun yörüngede olduğunu düşünüyorum ancak elektronun sürekli fotoğrafı alınırsa orbitaller oluşur diye düşünüyorum.

Öğrenci D4 görüldüğü gibi Medyatik Model çizimi yapmış ama bunu herhangi bir kaynaktan ya da görselden etkilenecek değil kendi sezgileri ile çizmiştir. Ayrıca Bohr Atom Modelini de tam doğru olarak açıklamıştır. Orbital kavramını da doğru olarak açıklayan öğrenci D4 görüşmenin sonralarında orbital ile yörünge kavramları arasında karmaşa yaşamıştır. Öğrenci aslında elektronun yörüngede

olduğunu ancak elektronun değişik konum değerleri alındığında orbitallerin oluşacağı yönünde ve emin olmadığını belirterek açıklama yapmıştır. Öğrenci D4 zihnindeki güçlü köklere sahip yörünge kavramından tam olarak vazgeçememiş görünmektedir.

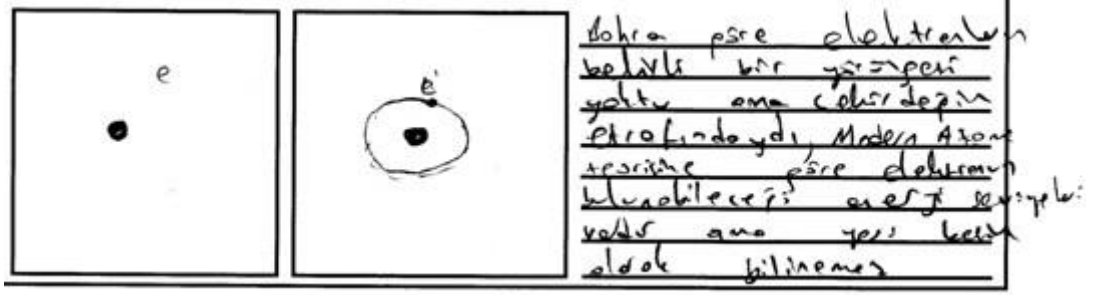
Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i Modern Atom Teorisine dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

Öğrenci D15 modern atom teorisine ait fikirlere sahiptir, ancak Modern Atom Modeli ile Bohr Atom Modeli'ni birbirine karıştırmaktadır.



Şekil 5.40: D15 öğrencisinin gecikmiş son testte atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %12,5'i soruya Bohr Atom Modeline dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin Modern Atom Teorisinin öğretiminin yapıldığı bölümlerden olumlu etkilenemedikleri görülmüştür. Atoma ait elektronun bir yörünge üzerinde hareket edeceğine yönelik fikirler öne sürmüşlerdir. Öğretimin bu öğrencileri Modern Atom Modeli ve Belirsizlik İlkesi gibi konularda ikna edemediği ve öğrencilerin öğretim öncesindeki kavramlarını korudukları görülmüştür. Bu gruptaki öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.



Şekil 5.41: D14 öğrencisinin gecikmiş son testte atom modelleri ile ilgili soruda yaptığı çizimler.

Şekil 5.41'da görüldüğü gibi öğrencinin Modern Atom Modeli için yaptığı çizim ve açıklamalar tamamen Bohr Atom Modeli'ne dayanmaktadır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i melez yanıt vermiştir. Öğrenciler öğrendikleri modellerden iki ya da daha fazlasını birleştirip kendilerince doğru yeni bir model oluşturmuştur. Bu türden yanıtlar daha önce son testte elde edilen bulgular bölümünde örneklenmiştir. Gecikmiş son testte öğrencilerin %10'u soruyu yanıtsız bırakmıştır.

5.1.6.4 Tartışma

Ön testte altıncı soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin %82,5'i gibi büyük bir çoğunluğu Bohr Atom Modeline dayalı yanıtlar vermiştir. Bu durumun en büyük nedeni olarak önceki yıl kimya dersi atomun yapısı ünitesinde aldıkları öğretim gösterilebilir. Öğrenciler ile gerçekleştirilen görüşmelerde altıncı soru ve özellikle ilerleyen bölümlerde verilecek olan orbital kavramı ile ilgili soru ile ilgili diyaloglar öğrencilerin aslında Modern Atom Modeli'nden haberdar olduğunu ancak verilen bir durumda bilgilerini kullanacak bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Sıklıkla karşılaşılan bir durum öğrenci orbitalin tanımını yapabilmekte ancak hidrojen atomunun şeklini çizmesi istendiğinde Bohr Atom Modeline dayalı şekil çizmekte ve açıklama yapmaktadır. Öğrenciler, daha önceki yıl kimya dersinde Modern Atom Teorisini öğrendiklerini ancak orbital kavramını yalnızca elementlerin elektron dizilimini yaparken kullandıklarını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte detayları bulgular bölümünde görülebileceği gibi öğrencilerin bazıları orbital kavramına

dayanan herhangi bir kavramsal anlamaya sahip değildir. Bu öğrenciler de yüksek olasılıkla kimya dersindeki elektron dizilimini ezbere öğrenmişler ancak orbital kavramına yönelik bir kavramsal değişim yaşamamışlardır.

Ön testte öğrencilerin %7,5'i herhangi iki ya da daha fazla modeli birleştirerek melez model içeren yanıtlar vermiştir. Örneğin öğrenci D21, elektronun aslında yörünge üzerinde bir yerde olduğunu, ancak yörünge üzerindeki her noktada bulunmasının mümkün olmadığını, bulunduğu yerlerin ise orbital diye adlandırıldığını öne sürmüştür. Melez modele sahip başka bir öğrenci de D14 öğrencisidir. D14 öğrencisi elektron bulutu kavramına sahip olmakla birlikte yanıtındaki şekline bakıldığında yörünge çizdiği görülmüştür.

Ön testte öğrencilerin biri (%2,5) çeşitli kitap ve internetteki görsellerde sıklıkla rastlanan ancak herhangi bir atom modeline dayanmayan Atomun Medyatik Modeline dayalı açıklamalar yapmıştır. Üç boyutta iç içe geçmiş ve düzlemleri farklı olan çemberler şeklinde yörüngeler çizen öğrencinin fikirleri Bohr Atom Modeline dayanmakla birlikte çizdiği şekil bakımından kitap ve çeşitli görsellerden etkilendiği görülmüştür. Ön testte öğrencilerin %5'i de yine önceki yıl kimya dersi kapsamında öğrendikleri katman elektron dizilimi ve Lewis nokta yapısını içeren çizimler yaparak yanıt vermiştir.

Öğretim sonrasında öğrencilerin %72,5'i altıncı soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu için öğretim aşamalarının atom teorileri ile ilgili bölümlerinin kavramsal değişim sürecindeki olumlu katkısı görülmektedir. Öğretim öncesinde öğrencilerin %82,5'inin Bohr Atom Modeline dayalı yanıt verdiği de göz önünde bulundurulursa öğrencilerin kavramlarını Modern Atom Modeline doğru değiştirmelerinde öğretimin olumlu katkısı açık görülmektedir. Bununla birlikte öğrencilerin %7,5'i de Modern Atom Teorisine dayanan ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen türden yanıtlar vermiştir. Bu öğrencilerin kavramsal değişimi zayıf olarak yaşadığı görülmektedir.

Son testte öğrencilerin %5'ini oluşturan D3 ve D40 öğrencileri öğretmenin tanıttığı bilimsel görüşü reddederek öğretim öncesindeki kavramlarını kullanmaya devam ederek yalnızca Bohr Atom Modeline dayanan yanıtlar vermiştir. Bu

durumun; öğrencilerin Bohr Atom Modeline ilişkin yeterince hoşnutsuzluk yaşamaması, Bohr Atom Modelinin Modern Atom Modeline göre açıklama bakımından kolay olması ve öğretimin ilgili aşamalarının öğrencileri yeni kavram konusunda yeterince ikna edememesine bağlanabileceği düşünülmüştür.

Son testte öğrencilerin %5'i melez modelle yanıt vermiştir. D6 ve D18 öğrencileri ön testte melez modelle yanıt veren öğrencilerden (D2,D14,D21) farklıdır. Ön testte melez modelle dayalı yanıt veren öğrencilerin bilimsel görüşe doğru kavramsal değişim yaşadıkları görülmüştür. Başlangıçta Bohr Atom Modeline dayalı kavramsal anlamaya sahip olan D6 ve D18 öğrencilerinin, öğretim sonrasında melez modelle yanıt verdikleri görülmektedir. Bu durumun nedenini öğretimin başarısızlığına bağlamak doğru olmasa da melez modellerin önüne geçebilmek için ek etkinliklere yer vermenin doğru olacağı düşüncesi ortaya çıkmıştır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %67,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Ortaya çıkan yüzdeler öğretimin kavramsal değişimi güçlü olarak gerçekleştirdiği, öğretimin kalıcılığını da üst düzeyde sağladığını ortaya koymaktadır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i Modern Atom Modeline dayalı kabul edilemez türden, %12,5'i Bohr Atom Modeline dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Bu öğrenciler kavramsal değişimi zayıf olarak yaşamıştır. Üzerinde önemle durulması gereken durum son testte ve gecikmiş son testte Bohr Atom Modeline dayalı yanıt veren öğrencilerin farklı olmasıdır. Öğrencilerin kavramsal anlamaları öğretim üzerinden geçen zamanın etkisi ile değişmiştir. Örneğin son testte Bohr Atom Modeline dayalı yanıt veren D3 öğrencisinin gecikmiş son testteki yanıtı kısmen doğru olarak kodlanırken, ön testte Bohr Atom Modeline dayalı yanıt veren D40 öğrencisi bir kategori gerileyerek melez modelle yanıt vermiştir.

Durumu daha iyi betimleyebilmek için kendisi ile görüşme yapılan 14 öğrenciye ait bireysel gelişim durumları Tablo 5.12'de aktarılmıştır. Tablo 5.12'de görüldüğü gibi ön testte görüşme yapılan öğrenciler, büyük çoğunlukla Bohr Atom Modeline dayalı yanıtlar vermiştir. Son testte öğrencilerin büyük çoğunluğu kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Bununla birlikte son testte kabul edilebilir yanıt verip

son görüşmede Modern Atom Modeline dayalı kabul edilemez türden yanıt veren D1 öğrencisi gibi öğrenciler de bulunmaktadır. Ancak gecikmiş son test ve görüşmeye bakıldığında öğrencinin bilimsel olarak tam doğru yanıt verdiği Tablo 5.12'de görülmektedir. D1 öğrencisinin kavramsal değişim süreci zaman kavramının kavramsal değişim üzerinde ne kadar etkili olabildiğini göstermiştir.

D16 öğrencisi ise son testte tam doğru yanıt vermiş, kendisi ile yapılan son görüşmede ayrıca gecikmiş son test ve görüşmede de Modern Atom Teorisine dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan D16 öğrencisi ise zaman içinde kavramlarını bilimsel görüşe doğru değiştirememiştir.

Tablo 5.12: Görüşme yapılan öğrencilerin altıncı sorudaki bireysel gelişimi

KATEGORİ	ÖN		SON		GECİKMIŞ SON	
	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D2,D4,D9, D12,D16,D20 D21,D22,D25 D26,D31	<u>D2,D4,D12, D20,D21,D22</u> D23,D25,D26 <u>D31</u>	<u>D1,D2,D12, D20,D21,D22</u> D23,D24,D25 <u>D31</u>	<u>D1,D2,D12, D20,D21,D22, D23,D24,D25, D31</u>
A.2		D2	D1,D23	D24	<u>D4,D9,D26</u>	<u>D4,D9,D26</u>
B.1				<u>D1,D16</u>	<u>D16</u>	<u>D16</u>
B.2	<u>D1,D4,D9, D12,D16,D20 D22,D23,D24 D26,D31</u>	<u>D1,D4,D9, D12,D16,D20 D22,D23,D24 D26,D31</u>				
B.4	<u>D2,D21</u>	<u>D21</u>		<u>D9</u>		
B.5	<u>D25</u>	<u>D25</u>	<u>D24</u>			

Pozitif Değişim
Kararlı
Negatif Değişim

Tablo 5.12'ye bakıldığında son test-görüşme ve gecikmiş son test-görüşme sütunlarındaki kabul edilebilir yanıtlar kategorilerindeki koyu ve altı çizili yazılan öğrenciler araştırmada uygulanan öğretimin atom modelleri ile ilgili bölümünün başarısını açıkça ortaya koymaktadır.

5.1.7 MFKT'deki Bohr Atom Modeli ile İlgili Yedinci Soruya İlişkin Bulgular

MFKT'de yer alan ve öğrencilerin Bohr Atom Modeline ilişkin kavramsal değişimlerini incelemek için sorulan yedinci soru Şekil 5.42' de görülmektedir.

Öğrencilere tek elektronlu bir atomun enerjisinin zamanla nasıl değişeceği sorulmuştur. Seçeneklerde öğrencilere sürekli olan dört farklı enerji grafiği, bir de doğru yanıt olan kesikli enerji grafiği vermiştir. Öğrencilerden doğru seçeneği (D) işaretlemeleri ve işaretledikleri seçeneğe ilişkin gerekli açıklamaları yapmaları beklenmektedir. Tek elektronlu atomun enerji düzeylerinin Bohr Atom Modeline göre kesikli olması gerektiği yönündeki yanıtlar bilimsel olarak tam doğru kabul edilmiştir. Bununla birlikte öğrencilere F seçeneğinde boş bir grafik verilmiş, soruda verilen grafikleri uygun bulunmaması durumunda kendileri için uygun grafiği çizme imkânı sunulmuştur.

7. Tek elektronlu bir atomun enerjisi aşağıdaki seçeneklerden hangilerindeki gibi değişebilir? Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz. Seçeneklerden herhangi biri sizin için uygun değilse size göre doğru olan grafiği F seçeneğine çiziniz. İşaretlediğiniz seçeneğe ilişkin açıklamanızı yazınız.

A) Enerji
Zaman

B) Enerji
Zaman

C) Enerji
Zaman

D) Enerji
Zaman

E) Enerji
Zaman

F) DİĞER Enerji
Zaman

İşaretlediğiniz seçenekler:

Açıklamalar:

Şekil 5.42: MFKT'deki Bohr Atom Modeli ile ilgili yedinci soru.

Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki yedinci soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.13 oluşturulmuştur.

Öğrencilerin ön testte verdiği yanıtların %22,5'i Tablo 5.13'de görüldüğü gibi klasik fiziğe dayanmaktadır. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin genellikle atomun enerjisini sıradan bir cismin enerjisine benzeterek açıklama yaptıkları görülmüştür. Öğrenciler atomun enerjisinin sürekli olabileceğini düşünmektedir. Bununla birlikte ön testte öğrencilerin %52,5'i sezgisel yanıt vermiştir.

Öğrenciler, konu atomun enerjisi olunca mevcut klasik fiziğe dayalı zihinsel modellerini kullanmayarak atomun enerjisinin değişimine ilişkin tahminlerde bulunmuştur. Önceki yıl kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinde Bohr Atom Modeli, atomdaki enerji düzeyleri, enerji düzeyleri arasında geçiş yapan elektronun yaydığı ışımaların dalgaboyu ve enerjilerini hesaplamayı öğrenmiş öğrencilerin tümünün bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermeleri beklenmedik bir durumdur.

Tablo 5.13: MFKT'deki Yedinci Sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ		ÇALIŞMA GRUBU		
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş Son Test n (%)	
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	24 (60,00)	13 (27,50)	
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	0	8 (20,00)	13 (27,50)	
Ara Toplam 1	0	32 (80,00)	26 (65,00)	
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				
1. Modern Fiziğe Dayalı Yanıtlar	2 (5,00)	6 (15,00)	6 (15,00)	
2. Klasik Fiziğe Dayalı Yanıtlar	9 (22,50)	1 (2,50)	0	
3. Sezgisel Yanıtlar	21 (52,50)	0	1 (2,50)	
Ara Toplam 2	32 (80,00)	7 (17,50)	7 (17,50)	
C. Kodlanamaz Yanıtlar	7 (17,50)	1 (2,50)	1 (2,50)	
D. Yanıtsız	1 (2,50)		6 (15,00)	
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)	

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %80'inin, öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan gecikmiş son testte ise öğrencilerin %65'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür. Tablo 5.13 genel olarak bu araştırmada uygulanan bilişsel çatışmaya dayalı öğretimin Bohr Atom Modeli ile ilgili bölümünün, öğrencilerin Bohr Atom Modeline ilişkin kavramsal değişim süreçlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğunu göstermiştir. Tablo 5.13'e ait detaylı bilgiler aşağıda başlıklar altında verilecektir.

5.1.7.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön testteki Bohr Atom Modeli ile ilgili yedinci soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Daha önce belirtildiği gibi Bohr ve Modern Atom Teorisini 10.sınıf kimya dersinde öğrenmiş olsalar da öğrencilerin atomun enerjisinin ancak kesikli olabileceği konusunda bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmüştür.

Ön testte öğrencilerin %5'i modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklemiştir.

D2: (B, C ve F) Atoma enerji verdiğimizizi düşünürsek elektron koparıluncaya kadar enerjisinde parabolik bir artış olur. Elektron koparıldığı anda enerjide ani bir düşüş veya yavaş yavaş bir düşüş gerçekleşir. Bu değişimler parabolik gerçekleşir.

D3: (D ve F) Atomlar orbitalleri elektronları ile doldurarak veya son orbitalleri elektronu dışarı vererek kararlı hale gelirler. Elektron miktarı enerjiyi etkiler. Arttığı zaman enerji artar, azaldığında enerji azalır. -273 °C dışında atomda enerji 0 olmaz.

Öğrenciler sürekli çizilmiş enerji grafiklerini içeren seçenekleri işaretlemiştir. Öğrenci D2 elektron kopması fikrine sahiptir. Daha önce fotoelektrik olaya ilişkin soru da olduğu gibi modern fiziğe dayalı modelleri bulunmaktadır. Ancak atomun enerjisinin sürekli değil kesikli olmasına ilişkin bir kavramsal anlamaya sahip değildir. Yanıtında görüldüğü gibi enerji değişiminin parabolik olarak değişebileceği yönünde görüşe sahiptir. D3 öğrencisi benzer şekilde orbital gibi modern fizik kavramlarına sahip olsa da atomun enerjisinin sürekli olarak değiştiği grafikleri içeren seçenekleri işaretlemiştir.

Ön testte öğrencilerin %22,5'i Bohr Atom Modeli ile ilgili soruya klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D1: (C) Enerjisi artacak ama azalır çünkü belli bir seviyeye kadar elektron belli bir hız kazanıncaya kadar enerjisini sürekli artırır ama belli bir seviyede çıkabileceği son seviyeye geldiği için sabite yakın olacaktır.

D9: (C) Elektron saatte 10 km/h ile dönüyor olsun. Bunun hızını 20 km/h 'e çıkarmak için 100 j enerji gerekir. 20 km/h 'den 30 km/h 'e çıkarmak için 300 j enerji gerekir. Yani azalarak artar. Verilen enerji sabit.

D10: (A) Elektronun enerjisi sabit hızla artar. Çünkü enerji değişimi düzenli olmalıdır. Verilen etki sabit bir etki olduğu için enerji sabit artar.

D27: (F) Bence atomun enerjisi sürekli sabit olur. Değişken olsaydı enerjinin artması için değişiklikler olması gerekirdi. Bu da atomun yapısını değiştirirdi.

Öğrencilerin soruya verdikleri yanıtlara bakıldığında klasik fiziğe dayalı zihinsel modelleri ile açıklama getirmeye çalıştıkları görülmektedir. Örneğin Öğrenci D9 elektronu klasik bir cisim ile ilişkilendirerek durumu kinetik enerji değişimi ile açıklamaya çalışmaktadır. Benzer şekilde D1 öğrencisinin de elektronun ancak belli düzeye kadar hızlanabileceğini belli bir seviyeden sonra elektronun enerjisinin sabite yaklaşacağını belirttiği görülmüştür. Kendisi ile ön görüşme yapılan D1 öğrencisine ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Tek elektronlu atomun enerjisi hangisindeki gibi değişebilir diye sormuştuk.

D1: Bence bir elektronun belli bir hıza kadar ulaşabilir. Başka elektron olmadığını için hep aynı belli bir enerji ye kadar artarak daha sonra sabit bir düzeyde olacağını düşünmüştüm.

Araştırmacı: Bir atomun enerjisi nasıl artırabilir?

D1: Atom belli bir yörüngede dönüyor. Belli bir merkez kuvveti olacak. Bu merkez kuvvetinin yanında dönme şeyi de... Dönmeye başlar ve enerjisi artar diye düşündüm.

Araştırmacı: Enerji değişikliğini nasıl oluşturabiliriz. Örneğin dışarıdan bir etki ile ya da atomun kendi içinde.

D1: Atomun başka bir atomla etkileşebilir.

Araştırmacı: Nasıl bir etkileşim? Kimyasal bağ gibi mi?

D1: Tabii kimyasal bağ olur, elektron sayısı artarsa kuvvet de artabilir bu şekilde enerji değişebilir.

Ön görüşmede D1 öğrencisinin yukarıda aktarılan ön test yanıtına paralel açıklamalar yaptığı görülmüştür. Öğrenci atomun enerjisinin önce artacağını sonra sabite yaklaşacağını ve bu enerji artışının elektronun dönüş hareketinin hızlanması ile gerçekleşeceğini belirtmektedir. Öğrenci atomun uyarılma yolu ile enerji kazanabileceği bilgisine de sahip değildir.

Ön testte öğrencilerin %52,5'i soruya sezgisel yanıt vermiştir. Öğrencilerin klasik ya da modern fiziğe dayalı zihinsel modellerini fazlaca kullanmadan duruma ilişkin tahminler yaptıkları görülmüştür. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklendirilmiştir.

D5: (E ve F) Tek elektronlu dediği için elektron aldığı ve verdiği değişim aynı kalır. Ama 3 e varsa 4 e almak için harcadığı enerji 5 e almak için harcadığı enerjiden daha az olduğu için F deki gibi olacaktır.

D6: (A) Tek elektronlu bir atom tek katmanlıdır. Aldığı enerjiye bağlı olarak enerjisi artar.

D8: (B ve F) Bence elektronların enerjileri anide ortamına göre azalabilir veya artabilir.

D20: (B ve E) B şıkkı bana daha yakın geliyor. Hidrojen tek atomlu patlamaları falan düşündüğümüzde enerjinin bir anda çıkacağını düşünüyorum. Ama bu enerji sürekli artar mı? Belli yerden sonra ne olur gibi sorulardan dolayı B ve E olduğunu düşünüyorum.

D21: (A ve E) Tek elektronlu olduğu için atomun enerjisi sabit hızla artacak ya da azalacaktır. Çünkü elektronlar çoğalırsa birbirine çarparak daha fazla enerji elde edilebilir.

Öğrenci D20 hidrojenin yanma tepkimesi ile soruyu ilişkilendirmeye çalışırken, Öğrenci D21 de elektronların birbirlerine çarparak enerjilerini

artıracakları yönünde fikirlere sahiptir. Öğrenciler ile yapılan ön görüşmelere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Tek elektronlu bir atomun enerjisinin grafiklerden hangilerindeki gibi değişebilir?

D21: A ve E şıkkı. Atomun enerjisini artırsak sürekli artabilir. Ne kadar enerji verirsek o sürekli artar diye düşündüm. Bunu (E) işaretlememdeki sebep enerjisini artıp azaltmamız.

Araştırmacı: Atomun enerjisini nasıl artırabiliriz ya da azaltabiliriz?

D21: Moleküler anlamda düşünürsek ısı alıp vererek olabilir

Öğrenci D21 atomun enerjisinin kesikli olduğu bilgisine sahip değildir. Ayrıca kendisine yöneltilen atomun enerjisinin nasıl artırılacağı yönündeki soruya "ısı alıp vererek" şeklinde yanıt vermiştir. Öğrenci atomların elektron ve fotonlarla uyarılıp enerji kazanabileceği fikrine sahip değildir.

Araştırmacı: Tek elektronlu bir atomun enerjisinin grafiklerden hangilerindeki gibi değişebilir?

D23: Tek elektronlu bir atomun enerjisini artırırsak enerji önce artar ancak sonra sabit kalır. Elektronların belli bir enerji taşıma kapasitesi vardır. Bundan sonra sabit kalır.

Araştırmacı: Bunun nedeni nedir?

D23: Elektronların bir enerji taşıma kapasitesi olabilir.

Öğrenci D23 de elektronların hızlanarak enerjilerin artacağı fikrine sahiptir. Öğrenci hızlanmanın bir sınırı olduğunu düşünmekte böylelikle de yüklenebileceği belli bir enerji değerinden söz etmektedir. Belli ki; öğrenci D23 belli bir yasa ile soruyu ilişkilendirememektedir.

Ön testte öğrencilerin %17,5'i soruya kodlanamaz yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D7: (A, B, C, D, E) Azalarak artabilir veya artabilir. Verdiğimiz etkiye göre değişir. Bu yüzden hepsi olabilir.

D18: (A, B, C, E) Hep aynı kalabilir, düzenli olarak artabilir. Artarak artabilir.

D25: (C) Atomların enerjilerinin azalacağını düşünmüyorum. Eğer artarak artarsa tehlikeli olur.

Öğrencilerin yanıtlarının herhangi bir kategoriye kodlanamayacağı görülmektedir.

Ön testte öğrencilerin %2,5'i soruyu yanıtsız bırakmıştır. Genel olarak bakıldığında ise öğrencilerin Bohr Atom Modeli ve atomdaki enerji düzeylerine ilişkin doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmüştür. Önceki altıncı soruda ön testte öğrencilerin %82,5'i Bohr Atom Modeline dayanarak hidrojen atomu çizmiştir. Ancak Bohr Atom Modelindeki enerji düzeyleri ve atomun enerji kazanıp kaybetmesi konusunda doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları açıkça görülmüştür.

5.1.7.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %60'ı MFKT'deki yedinci soruya tam doğru yanıt vermiştir. Öğretimin Bohr Atom Modeli ile ilgili bölümünün öğrencilerin kavramsal değişimi sağlamalarında onlara yardımcı olduğu görülmektedir. Öğrenciler ile gerçekleştirilen görüşmelerde kullanılan görüşme formunun yedinci soru ile ilgili bölümünde, öğrencilere bir gaza ait soğurma spektrumunu düzeneği gösterilmiş, soğurma spektrumundaki siyah çizgilerin ne anlama geldiği ve neden belirli dalgalı boylarına karşılık geldiği sorulmuştur. Öğrencilerden atomun ancak belirli enerji değerlerini soğurabileceği böylelikle atomun enerjisinin kesikli olması gerektiği yönünde gelen yanıtlar bilimsel olarak tam doğru kabul edilmiştir. Son testteki bilimsel olarak tam doğru yanıtlardan biri aşağıda örneklemiştir.

D1: (D) Çünkü bir atomda enerji sürekli değil kesiklidir. Bir enerji seviyesinden diğer enerji seviyesine geçerken enerjisinde ani değişimler görülür. Bu değişim noktalarında ışımlar olur.

Son görüşmelerde kullanılan görüşme formunda yer alan Bohr Atom Modeli ile ilgili soru aşağıda Şekil 5.43’de görülmektedir. Son testteki yedinci soruya tam doğru yanıt veren öğrenciler ile gerçekleştirilen ait diyaloglar aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: Soruyu okuyup yanıtlayabilir misin?

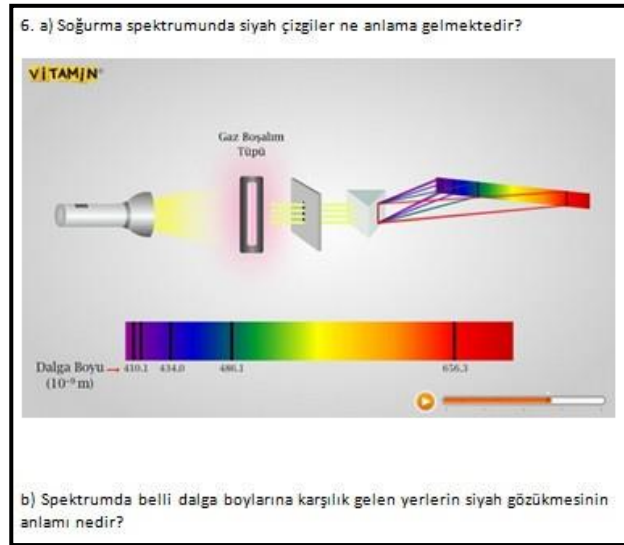
D20: Elektron gönderdiğimizde ilk uyarılma enerjisini geçince enerji verir, atom uyarılır. Foton gönderdiğimizde enerji düzeylerine ($n=1,2,3$ gibi) geldiğinde atom uyarılır. Bu nedenle karanlık gelmiştir.

Araştırmacı: Ekrana ışık gelmesi gerekirken gelmemiştir. Bu ışığa ne olmuştur?

D20: Soğurulmuştur.

Araştırmacı: Peki örneğin kırmızının neden bir tonu soğurulmuş diğer tonları soğurulmamıştır.

D20: Çünkü belli enerji seviyeleri var. O enerji seviyesine karşılık o dalgaboyu denk gelmiş.



Şekil 5.43: Son görüşme formunda yer alan Bohr Atom Modeli ile ilgili soru.

Ön testte sezgisel yanıt veren öğrenci D20 son test ve son görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Görüşme diyalogları öğrencinin atomdaki enerji düzeyleri konusunda kavramsal değişim yaşadığını açıkça göstermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerden D21'e ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Soruyu okuyup yanıtlayabilir misin?

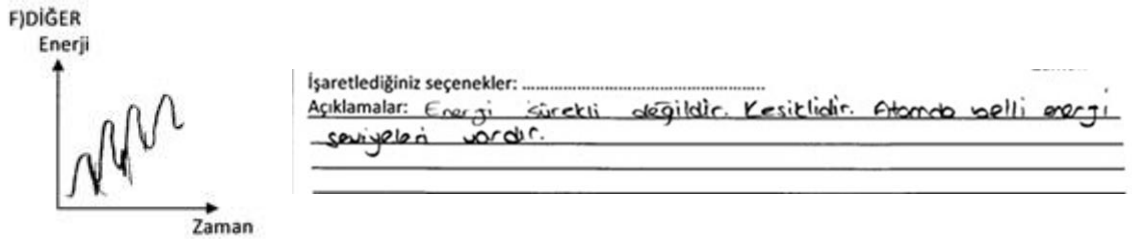
D21: Enerji seviyelerinin olduğunu kanıtlamaya çalışmış. Siyah çizgiler... Bunlarda ışımaya yapıyor. Bohr da $\frac{h}{2\pi}$ nin tam katları olan seviyeler ışımaya yapmadan döner diyordu.

Araştırmacı: Neden belirli dalgalı boyları siyah gözükmüş.

D21: Belirli enerji seviyeleri vardır. Enerji seviyeleri arasında inerken ışımaya yapıyor.

Öğrenci D21 atomda belirli enerji seviyeleri olduğu, Bohr Atom Modeline göre elektronların kararlı yörüngelerde dolaştığı yönünde fikirler öne sürmüştür. Öğrenci ön testte sezgisel yanıt vermişken öğretim sonrası uygulanan son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir.

Son testte öğrencilerin %20'si yedinci soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Öğrencilerin nitelik olarak zayıf yanıt verdikleri görülmüştür. Kısmen doğru yanıt veren öğrencilere ait yanıtlar ve bu yanıtlara dayalı görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.



Şekil 5.44: Öğrenci D4'ün son testteki yedinci soruya verdiği yanıt.

Öğrencinin açıklamaları bilimsel olarak tam doğru olmakla birlikte F seçeneğine çizdiği şekil doğrudan atomun enerji seviyeleri ile ilişkili değildir. Öğrenci öğretim aşamalarında Frank ve Hertz deney tüpü ile ilgili simülasyonda gördüğü; akımın hızlandırıcı potansiyel farkına bağlı değişim grafiğini çizerek yanıt vermiştir. Grafikteki ani düşüşler atomdaki enerjinin kesikli olduğunu ve enerji düzeylerini kanıtlamakla birlikte soruda istenen enerji düzeylerini göstermemektedir. Öğrencinin yanıtı bu nedenle kısmen doğru yanıt olarak kodlanmıştır. Öğrenci D4'e ait son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Bir gaza ait spektrum verilmişti. Spektrumdaki siyah çizgiler ne anlama geliyor.

D4: Karanlık çizgiler bu gaz atomunun soğurduğu enerji aralıkları olarak ifade edebiliriz. Siyah görülen renkler yayma spektrumunda renkli olur. Bir gaz yaydığı ışığı soğurabilir. Belirli enerji seviyeleri var bu enerji seviyelerinde yansıtıyor. Yansıttığını ancak soğurabilir.

Son testte kısmen doğru yanıt vermiş olsa da kendisi ile yapılan son görüşme öğrenci D4'ün bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Öğrencinin yanıtına Frank Hertz Deneyindeki akım - hızlandırıcı potansiyel farkı grafiğini çizerken bilinçli davrandığı, enerjisi seviyelerinin bir kanıtı olarak grafiği çizdiği anlaşılmıştır. Öğrenci kendisine sorulmadan soğurma spektrumunda siyah gözükten bölgelerin, yayma spektrumunda renkli görüleceğini belirtmiş ve üst düzeyde bir kavramsal değişim yaşadığını göstermiştir.

Kısmen doğru yanıt veren diğer öğrencilere ait yanıt örnekleri aşağıda verilmiştir.

D23: (D) Atomdaki enerji sürekli değil kesiklidir. Eğer kesikli olmasaydı farklı renkteki ışınları göremezdik.

D28: (D) Atomun enerjisi ancak belirli değerler alır. Frank-Hertz deneyinde görüldüğü gibi.

D29: (D) Enerji katmanlıdır elektron değiştirdiği katmanlara göre birden azalır ya da artar.

D23, D28 ve D29 öğrencilerinin yanıtlarının nitelik olarak zayıf olduğu görülmektedir. D23 öğrenci ile yapılan öğretim sonrası son görüşmeye ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Ekranaya düşen ışıklardan belirli dalga

D23: Bohr'a göre düşünürsek belli enerji seviyelerinde ışın yapmadan dolaşır diyordu. Bu siyah çizgiler bu enerji seviyelerine denk geliyor.

Araştırmacı: Neden belirli dalgaboylarında

D23: Hidrojen için düşünürsek 3 den ikiye iniş, 4 den 2 ye iniş gibi. Enerji seviyeleri vardı. Hatta bu enerji seviyeleri daha ince kesikli çizgilere ayrılıyordu. Hocam soruyu bir daha sorar mısınız?

Araştırmacı: Siyah çizgilerin neden belli dalgaboylarına denk geldiğini sormuştum. Neden sarı soğrulmamış, kırmızının bir tonu soğrulmuş.

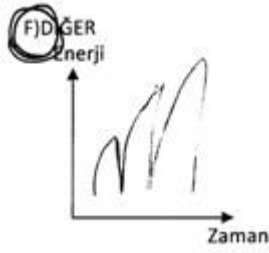
D23: Enerji seviyeleri ile ilgili. Foton gönderdiğimizde enerji seviyelerine denk gelirse soğrulur. Elektronlarla uyarmak için ilk enerji düzeyini geçmek gerekiyor.

Araştırmacı: Atomarı elektronlarla uyardığımız bir deney hatırlıyor musun?

D23: Frank Hertz deneyi. Elektronları atomların üzerine gönderiyorduk. Akım artıyor artıyor sonra aniden düşüyordu. Düştüğü zamanda ışımaya oluyordu. Atomlar uyarılıyordu. Enerji seviyesine geldiğinde, atom üzerindeki enerjiyi atmak için üst enerji seviyesinden alt enerji seviyesine geçip ışımaya yapıyordu.

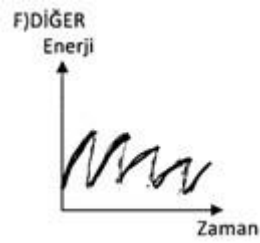
Ön testte sezgisel yanıt veren öğrenci D23, son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Kendisi ile yapılan son görüşme, son testte nitelik bakımından zayıf açıklamalar yaparak yanıt verdiğini aslında Bohr Atom Modeline ilişkin bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Görüşmenin ilk bölümlerinde öğrenci enerji seviyeleri arasındaki geçişlere yönelik açıklama yapmayınca araştırmacı kendisine elektronlar ile atomların uyarıldığını bir deneyi hatırlayıp hatırlamadığını sormuştur. Öğrenci Frank Hertz Deneyini bilimsel olarak açıklamış ve tam doğru kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Öğrenci D23 atomların ancak belirli enerjideki fotonları soğurabileceğini belirtmiştir. Ayrıca Bohr Atom Modelinin açıklayamadığı enerji seviyelerindeki çok ince yarılmalardan da söz ederek kavramsal değişimi güçlü bir şekilde gerçekleştirdiğini ortaya koymuştur.

Genel olarak bakıldığında öğrencilerin %80'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğretimin, öğrencilere kendi kavramlarını bilimsel olanı ile değiştirmeleri noktasında olumlu etki yaptığı ortaya çıkarılmıştır. Bu karşın öğrencilerin %15'i modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.



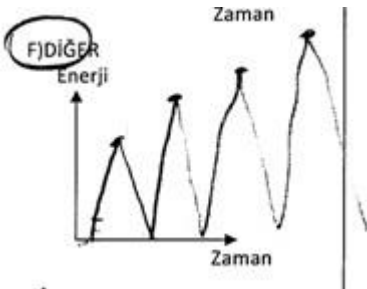
İşaretlediğiniz seçenekler:
 Açıklamalar: e- ların enerjileri belirli bir seviyeye kadar artar ve
 tekrar düşerler. Her seferinde daha üst seviyeye kadar artıyor.

Şekil 5.45: D5 öğrencisinin son testteki yedinci soruya verdiği yanıt.



İşaretlediğiniz seçenekler:
 Açıklamalar: Elektron bazı durumlarda çekirdeğe yaklaşıp

Şekil 5.46: D7 öğrencisinin son testteki yedinci soruya verdiği yanıt.



İşaretlediğiniz seçenekler: ...F.....
 Açıklamalar: Atom belli bir düzey kadar enerjiyi
 yükseltir sonra enerji azalır ama bir üst düzey
 e-tları bunların ark kaydığım yerlerde orbitalleri
 sınırlarında.

Şekil 5.47: D16 öğrencisinin son testteki yedinci soruya verdiği yanıt.

Öğrencilerin yanıtları Frank - Hertz Deneyinde çizdirilen akım - hızlandırıcı gerilim grafiğini F seçeneğine çizdiklerini göstermiştir. Öğrenciler atomdaki enerji seviyelerini kanıtlayan deneydeki grafikle soruda istenen enerji zaman grafiğini birbirine karıştırmıştır. Önceden Frank - Hertz Deneyindeki grafiği çizen öğrenci D4'ün yanıtı kısmen doğru kabul edilirken, D5 ve D7 öğrencilerinin yanıtları, açıklamaları bilimsel olmadığından modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar kategorisine kodlanmıştır. Yukarıda yanıtı görülen D16 öğrencisi ile yapılan öğretim sonrası son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Soruda gördüğün spektrumdaki siyah çizgiler ne anlama geliyor?

D16: O bölgeler ışığı soğurduğu anlamına geliyor.

Araştırmacı: Neden belirli dalgalıboylarına denk geliyor.

D16: Maddeler ancak belirli dalgalıboylarına karşılık gelen ışımaları soğurabilirler.

Araştırmacı: Hangi atom modeline dayanarak bunu söylüyorsun.

D16: Bohr ya da Modern kesin olarak bilmiyorum hocam çok karıştı.

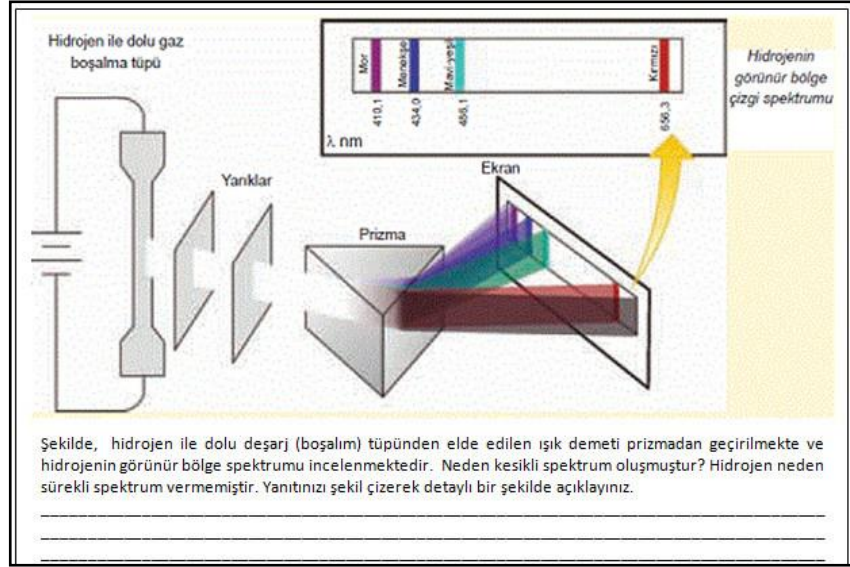
Görüşme diyaloglarında görüldüğü gibi D16 öğrencisi maddelerin ancak belirli dalgalıboylarına karşılık gelen ışımaları soğurabilecekleri yönünde görüş belirtmiştir. Araştırmacının sorusu karşısında söylediklerini hangi atom modeline dayandığı konusunda karmaşa yaşadığı ortaya çıkarılmıştır. Öğrencinin zihninde maddenin belirli dalgalıboylarında ışık soğurabileceğine yönelik bir fikir olsa da bu fikrin güçlü bir kavramsal zemini bulunmamaktadır.

Son testte öğrencilerin %2,5'i klasik fiziğe dayalı yanıt verirken, %2,5'i de kodlanamaz yanıt vermiştir. Bu kategorilerdeki yanıtlar daha önce ön testten elde edilen bulgular bölümünde örneklenmiştir. Kavramsal değişimin belki de en güçlü göstergesi öğrencinin öğrenmesi ile birlikte yeni ve bilimsel olan kavramı kullanmaya başlamasıdır. Bu nedenle öğrencilerin gecikmiş son testteki yanıtlarının analizi önem taşımaktadır.

5.1.7.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Gecikmiş son testte yer alan ve aynı kazanımı ölçecek şekilde değiştirilerek sorulan yedinci soru Şekil 5.48'de görülmektedir.

Soruda hidrojenin çizgi spektrumu verilmiş, neden kesikli spektrum oluştuğu sorulmuştur. Öğrencilerden Bohr Atom Modeli çerçevesinde yanıt vermeleri beklenmektedir. Öğrencilerden alınan ve atomda enerjinin kesikli olacağı, uyarılan hidrojen atomunun enerjisinin ancak belirli değerler alabileceği ve temel hale inerken ancak belirli enerjilerde ışımalar yapabileceği yönünde açıklamalar içeren yanıtlar bilimsel olarak tam doğru kabul edilmiştir.



Şekil 5.48: Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT'deki Bohr Atom Modeli ile ilgili soru.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %32,5'i tam, %32,5'i kısmen doğru olmak üzere toplam %65'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Genel olarak bakıldığında kabul edilebilir yanıtlar bakımından öğretimin öğrenmenin kalıcılığını sağladığı da görülmüştür. Tam doğru yanıt veren öğrencilerden D11 ve D12'nin gecikmiş son test yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D11: Atomun enerjisi kesiklidir. Ve belli değerler arasında frekansa sahip ışık yayar ve soğurur bu nedenle.

D12: Çünkü her elementin çizgi spektrumu kendine özgüdür ve diğer elementlerden farklıdır. Çizgi spektrumundaki çizgiler elektronların enerji aldıkları ve ya enerji yaydıkları değerlere karşılık gelmektedir.

Tam doğru yanıt veren öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: Hidrojenin spektrumu ile ilgili soruya geçelim.

D2: Ben buna son testte verdiğim yanıttan çok emin değilim bir haftalık süreçte okulda yoktum konusunun öğretimi aşamasında. Bunu sadece sınava yönelik

çalıştım. Derste simülasyonlarını falan izlediğim kısımları unutmadım ama bu kısmını sınava yönelik çalıştığım için unuttum.

Araştırmacı: Gelmediğin kısmı kitaptan çalışman derstekiler kadar çözüm getirmedi sana.

D2: Sadece günü kurtarma şeklinde oluyor. Sınava yönelik oluyor. Simülasyonlarını görsem ya da sınıfta tartışma şeklinde öğrenmiş olsam aklımda kalırdı.

Araştırmacı: Verdiğin yanıtı bakarsak "hidrojenin enerji seviyeleri bu ışınları gerçekleştirir" şeklinde. Enerji seviyeleri nedir?

D2: $n=1$ den başlıyor. Atomun elektronlarının enerjileri ile alakalı. Gaz boşalma tüpünden gönderilip prizmada kırılınca belki kırmızı dediği yer $n=1$, mavi ve yeşil belki $n=2$. Sadece bunları söyleyebilirim.

Öğrenci D2 gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Kendisi ile yapılan gecikmiş son görüşmede soruya verdiği yanıtı kitaptan çalışarak yazdığını, öğretim aşamalarına katılmadığından dolayı verdiği yanıtta da emin olmadığını belirtmiştir. Öğrenci sınıf ortamında konu ile ilgili simülasyonları izleyip tartışmalara katılması durumunda konunun aklından kalabileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte görüşmede yaptığı açıklamalar kısmen de olsa bilimsel olarak kabul edilebilir türdendir.

Gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt veren başka bir öğrenci olan D4 ile yapılan gecikmiş son görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Hidrojenin neden çizgi spektrumu verdiğini sormuştuk.

D4: Cisimler belli enerji seviyelerinde ışınlar yapabilir. Belli enerji seviyelerini soğurabilirler belli enerji seviyelerini alabilirler.

Araştırmacı: Hangi atom modeline dayandırıyor sun bu fikirlerini?

D4: Bir dakika düşüneyim... Belli enerji düzeylerinden bahsedem...Bohr'un postülatları vardı. Bohr ya bu kesinlikle Bohr.

Araştırmacı: yedinci soruda son testte bizim verdiğimiz seçenekleri beğenmeyip F seçeneğine kendine uygun olanı çizmiştin. Burada sürekli değerler görüyorum.

D4: Atomlarda enerji kesikli kesiklidir. Atomlar belli enerji düzeylerine çıkarlarsa tekrar eski durumlarına geçmek için ışınlar yaparlar.

Araştırmacı: Anladım ancak son testteki çizdiğin şekilde enerji değerlerinin sürekli olduğunu görüyorum.

D4: Evet yanlış çizdiğimi fark ettim kesikli kesikli olmalı.

Ön testte kodlanamaz, son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren öğrenci D4 gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Gecikmiş son görüşmede de yaptığı açıklamalar bilimsel olarak tam doğrudur. Son testten elde edilen bulgular bölümündeki Şekil 5.44'de görülen ve öğrenci D4'ün Frank - Hertz Deneyindeki akım - hızlandırıcı gerilim grafiğini içeren yanıtı araştırmacı tarafından gecikmiş son görüşmede tekrar sorgulanmıştır. Öğrenci yanlış çizdiğini belirterek grafiğin kesikli olması gerektiğini belirtmiştir. Öğrencinin Bohr Atom Modeline ilişkin kavramsal değişimi bilimsel görüşe doğru yaşadığı görülmüştür.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %32,5'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D6: Enerji sürekli değildir. Hidrojen spektrumunda çizgiler daha ince çizgilere ayrılır. Bu nedenle spektrum sürekli değildir.

D10: H belirli enerjide ışık yayabilmiştir. Bazı bölgelerde yayamadığı için kesikli spektrum oluşmuştur.

D25: İyonlaşma enerji seviyelerine denk geldiği için o bölgeler kesikli olmaktadır.

D27: Çünkü hidrojenin elektronu belirli enerji düzeylerinde bulunur. Gönderilen ışık demeti bu enerji düzeylerindeki elektronlara geldiğinde spektrum vermiştir.

D6 ve D10 öğrencilerinin yanıtlarına bakıldığında öğrencilerin nitelik olarak zayıf açıklamalar yaptıkları görülmektedir. D27 öğrencisinin yanıtı enerji düzeylerini içerdiği için kısmen doğru olmakla birlikte gönderilen ışık demetinin elektronu uyarmasından söz etmiştir. Oysaki soruda verilen ışın demeti doğrudan uyarılan atomun yaydığı ışımadır. D25 enerji seviyeleri yerine iyonlaşma enerji seviyeleri ifadesini kullanmıştır. Öğrencinin kavramsal anlama düzeyini daha net ortaya çıkarabilmek için kendisi ile yapılan gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Hidrojenin çizgi spektrumu vermesinin nedeni nedir?

D25: Elektron hidrojen de temel hal düzeyine gelmeye çalışıyordu $\frac{h}{2\pi}$ 'nin tam katlarıydı orada renksiz oluyordu. Bir alt orbitale geçerken de ışık yayıyordu.

Araştırmacı: Çizgi çizgi olmasının nedeni nedir?

D25: Enerjinin kesikli olup her değeri alamaması.

Öğrenci D25 ön testte kodlanamaz, son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Gecikmiş son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiş olsa da kendisi ile yapılan gecikmiş son görüşmedeki açıklamaları kendisinin bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Öğretim aşamalarının Bohr Atom Modeli ile ilgili bölümlerinin öğrenciyi kavramlarını bilimsel olanı ile değiştirme noktasında olumlu etkilediği görülmüştür.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %15'i soruya modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları kategorinin özelliğini göstermesi açısından örneklenmiştir.

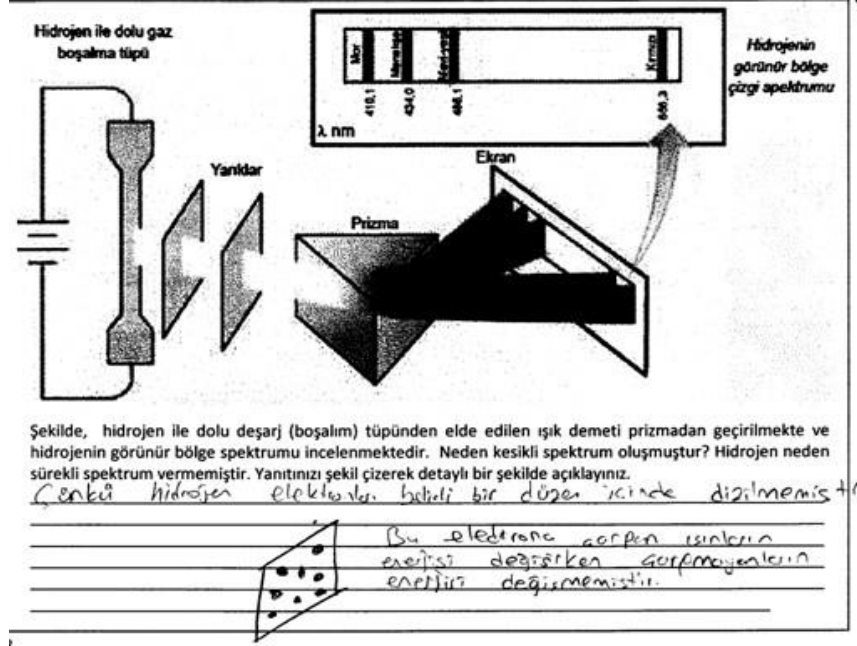
D13: Yalnızca o dalgaboylarında görünür olduğu için

D16: Işık prizmaya çarpınca elektronlara çarpışır ve saçılır. Bu yüzden direkt olarak geçip sürekli spektrum vermemiştir. Saçılan ve devam eden ışınların enerjileri farklı olduğu için böyle bir spektrum ortaya çıkmıştır.

D21: Çünkü ışık kesikli enerjiye sahiptir. Enerjisi sürekli değildir.

D13 öğrencisinin açık anlaşılır bir ifadesi bulunmamaktadır. D16 ve D30 öğrencileri soruda verilen fiziksel duruma ışınların elektronlara çarpıp saçılması yönünde Compton Saçılması ile ilişkilendirilmiş yanıtlar vermiştir. D34 öğrencisi siyah cisim ışıması ile uyarılan hidrojen atomlarının yaptığı ışımaları ilişkilendirmiştir.

D30:



Şekil 5.49: D30 öğrencisinin gecikmiş son testteki yedinci soruya verdiği yanıt.

D34: Hidrojen atomu her sıcaklıkta ışıma yapar ama insan bunlardan bazılarını görür.

Öğrenci D21 ise ışığın enerjisinin kesikli olacağını öne sürmüştür. Öğrencinin ışığın enerjisinin kesikli olduğunu söylerken atomu kast etmiş olma olasılığı düşünülmüş ve gecikmiş son görüşme diyaloglarına bakılmıştır. Görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Hidrojenin çizgi spektrumu vermesinin nedeni nedir?

D21: Enerji kesiklik olduğu için kesik kesik olmuş. Sürekli olmadığını için mesela mor renk demiş belirli bir aralıkta mor rengi veriyor.

Araştırmacı: Kesikli olan şey nedir?

D21: Enerji.

Araştırmacı: Neye ait enerji kesiklidir?

D21: Işığın enerjisi

Araştırmacı: Neden hidrojen lambasından sadece bu dört görünür ışık çıkmış diğer görünür ışıklar çıkmamış.

D21: Hidrojenin aslında bir katmanı var... Hatırlayamadım hocam.

Araştırmacı: Oraya farklı bir madde koysaydık örneğin Helyum ya da Neon. Aynı ışıklar oluşur muydu?

D21: Hayır farklı olurdu. İyonlaşma enerjisiydi galiba. Hidrojen de bir katman var ama.

Görüşme diyalogların görüldüğü gibi öğrenci hidrojenin kesikli spektrumuna bilimsel bir açıklama yapamamaktadır. Hidrojenin bir katmanı olduğunu vurgulamakta, ancak hidrojene ait elektronun enerji alarak başka seviyelere geçip, sonrasında ışımaya yaparak tekrar temel hale dönmesine ilişkin bilimsel gerçekleri ifade edememektedir.

Gecikmiş son testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenci bulunmazken, öğrencilerin %2,5'i sezgisel, %2,5'i kodlanamaz yanıt vermiştir. Öğrencilerin %15'i soruyu yanıtsız bırakmıştır. Öğrencilerin soruda verilen çizgi spektrumunu ile Bohr Atom Modelini ilişkilendirememelerinin soruyu yanıtsız bırakmalarına neden olduğudüşünülmüştür. Soruyu yanıtsız bırakan D1 öğrencisi ile yapılan gecikmiş son görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Yedinci soruya yanıt vermemişsin. Soruyu tekrar bir konuşalım. Soruda hidrojenin lambası yapılmış ve çizgi spektrumu elde edilmiştir. Neden acaba çizgi spektrum elde edilmiştir.

D1: Hidrojenden elektrik mi geçirilmiş?

Araştırmacı: Evet oraya elektrik akımı uygulayınca ışımaya oluşuyor.

D1: Belirli enerji seviyesinde ışımaya yapar. Hangi enerji seviyesine denk gelirse o ışımaya prizmadan geçiyor.

Araştırmacı: Enerji seviyesi dediğini şey nedir?

D1: Her renk için bir dalgaboyu vardır. Bu dalgaboyuna ulaşma seviyesi olarak düşündüm ben.

Araştırmacı: Enerji seviyesi neye ait bir özelliktir.

D1: Maddeye ait. Mesela bu masanın yeşil gözükmesi yeşil renge ait bir enerji seviyesinin bulunmasından kaynaklanıyor.

Araştırmacı: Az önce siyah cisim renkli görülebilir demiştin o zaman siyah cismin hiç gözükmemesi gerekiyor.

D1: (Gülüyor) Bilemiyorum.

D1 öğrencisi görüşme diyaloglarında görüldüğü gibi durumu Bohr Atom Modeli ile ilişkilendirme güçlüğü yaşamaktadır. Ayrıca görüşmenin gerçekleştiği masanın yeşil gözükmesinin nedeni olarak masada yeşil renge karşılık gelen bir enerji seviyesi olduğunu belirtmiştir. D1 öğrencisinde olduğu gibi kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan öğrenciler için öğretim üzerinden geçen zamanın olumsuz etki yapmakta olduğu görülmüştür.

5.1.7.4 Tartışma

Bohr Atom Modeli ile ilgili öğrenci fikirlerini incelemek amacı ile sorulan MFKT'deki yedinci soruya öğretim öncesinde uygulanan ön testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin önceki yıl kimya dersinde Bohr ve Modern Atom Modellerini öğrenmiş olsalar da atomun enerjisinin kesikli olabileceğine dair bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmüştür.

Ön testte yedinci soruya verilen yanıtların genel itibarıyla klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıtlar kategorilerinde toplandığı görülmüştür. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenciler genellikle atomun enerjisinin artmasını elektronun hızlanmasına bağlamaktadır. Sezgisel yanıt veren öğrencilerin de kendilerine yakın gelen seçeneği işaretleyerek bu seçeneğe ilişkin açıklamaları tahminlerine dayalı olarak yapmış oldukları görülmüştür.

Son testte öğrencilerin %80'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğretimin Bohr Atom Modeli ile ilgili bölümlerinin öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğu görülmektedir. Son testte öğrencilerin %15'i modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt verirken, %2,5'i klasik fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Sezgisel yanıt veren öğrenci bulunmamıştır. Görüldüğü gibi öğretim özellikle klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıt veren öğrencilerin öğretim öncesindeki bilimsel olmayan kavramlarını bilimsel olanı ile değiştirmelerini sağlamıştır.

Son testte ortaya çıkan önemli durumlardan biri öğrenci D4'ün Şekil 5.44'de görülen yanıtındaki çizmiş olduğu grafiktedir. Öğretim aşamalarında öğrencilere

öncelikle Frank Hertz Deney tüpü ile ilgili simülasyon üzerinde çalışmalarını için fırsat verilmiştir. Gaz ile dolu deney tüpünde kızgın flamandan salınan elektronlar yüksek gerilim ile hızlandırılmaktadır. Tüpün son bölümünde hızlandırılan elektronların oluşturduğu akım ölçülmektedir. Öğrenciler hızlandırıcı gerilim değerlerini değiştirerek bilgisayar ortamında akım - hızlandırıcı gerilim grafiğini çizmişlerdir. Grafikte akımın ani düşüşleri tüpten ışık çıkması ile sonuçlanmaktadır. İşte öğrenci D4 bu grafiği atomun enerji zaman grafiği olarak çizmiştir. Kendisi ile gerçekleştirilen son görüşme bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu, grafiği atomdaki enerji düzeylerinin kanıtı olması nedeni ile çizdiğini göstermiştir.

Bununla birlikte son testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrenciler de aynı grafiği çizmiş ancak yanıtlarında bilimsel olarak doğru açıklamalar yazmadıkları görülmüştür. Özetle sözü edilen grafiğin çizildiği kabul edilebilir ve kabul edilemez yanıtlar görülmüştür.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %65'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdesinde bir azalmanın olduğu görülmüştür. Bununla birlikte öğrencilerin %65'inin testin öğretimden uzunca bir süre sonra uygulanması ve sorunun değiştirilerek sorulmasına rağmen bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermesi öğretim başarısını göstermiştir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %15'i modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Hidrojenin her sıcaklıkta ışımaya yapacağı ama bunların bazılarını gözümüzün göreceği, hidrojenin spektrum çizgilerinin Compton Olayı ile ilişkilendirilebileceği yönünde fikirler içeren kavram yanılgılarına rastlanmıştır.

Ayrıca D1 öğrencisi gibi son testte kabul edilebilir gecikmiş son testte kabul edilemez yanıt veren öğrenciler de bulunmaktadır. Ortaya çıkan durumu daha iyi betimlemek amacı ile görüşme yapılan öğrencilerin öğretim öncesinde uygulanan ön testten, öğretimden uzunca bir süre sonra uygulanan gecikmiş son görüşmelere kadar ki süreçte bireysel gelişimleri analiz edilerek Tablo 5.14 oluşturulmuştur.

Tablo 5.14'de görüldüğü gibi görüşme yapılan öğrenciler öğretim öncesinde uygulanan ön test ve görüşmede bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar vermiştir. Öğrencilerden yalnız D2 modern fiziğe dayalı yanıt verebilmiştir. Görüşme yapılan öğrencilerin genellikle klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıtlar kategorilerinde kabul edilemez türden yanıt verdikleri görülmektedir. Öğretim sonrasında uygulanan son testte D16 dışındaki öğrencilerin kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür. Benzer sonucun öğretim sonrasında uygulanan son görüşmelerde de ortaya çıktığı görülmüştür.

Gecikmiş son testte üç öğrenci dışında kalan on bir öğrencinin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt verdiği görülmüştür. Öğretimden uzunca bir zaman geçmesi ve yedinci sorunun değiştirilerek sorulması durumları göz önüne alındığında öğretimin kavramsal değişimin gücünü artırdığı ve böylelikle öğrenmenin kalıcılığını da sağladığı görülmüştür.

Tablo 5.14: Görüşme yapılan öğrencilerin yedinci sorudaki bireysel gelişimi.

KATEGORİ	ÖN		SON		GECİKMIŞ SON	
	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D1,D2,D12 D20,D21,D22 D24,D25,D26 D31	D4,D9,D20, D21,D22,D23 D24,D25,D31	D2,D4,D9 D12,D20,D23 D24,D26	D4,D9,D22, D23,D24,D25 D31
A.2			D4,D9,D23	D1,D2,D12, D26	D22,D25, D31	D2,D12,D20 D26
B.1	D2	D2	D16	D16	D16,D21	D1,D16,D21
B.2	D1,D9,D24	D1,D9,D24				
B.4	D12,D16,D20 D21,D22,D23 D26,D31	D4,D12,D16, D20,D21,D22, D23,D25,D26, D31				
C ve D	D4,D25				D1	

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim

Bununla birlikte zaman kavramsal değişimi yaşamayan ya da zayıf olarak yaşayan öğrenciler için olumsuz etki yapmıştır. Örneğin D16 öğrencisinin öğretim aşamalarında yeterince ikna edilemediği açıkça görölmektedir. Tablo 5.14' de göröldüğü gibi öğrenci son testten gecikmiş son görüşmeye kadar sürekli modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar kategorisine uygun açıklamalar yapmıştır. Bununla birlikte D1 öğrencisi son testte tam, son görüşmeden kısmen doğru yanıt verirken, gecikmiş son testteki soruyu yanıtız bırakmıştır. Öğrenci ile gerçekleştirilen gecikmiş son görüşme diyalogları kendisinin modern fiziğe dayalı ancak kavram yanılgıları içeren fikirlere sahip olduğunu göstermiştir. Öğrenci görüşmenin yapıldığı masanın rengini örnek vererek, masanın yeşil gözükmesinin nedeni olarak masa da yeşil ışığa ait bir enerji seviyesi olduğunu ileri sürmüştür.

Öğrenci D21 de benzer şekilde son test ve görüşmeden geçen uzunca zaman sonrasında uygulanan gecikmiş son teste modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrenci atomun enerjisi yerine ışığın enerjisinin kesikli olduğunu ileri sürmüş ve zihninde ışığa ait enerji seviyeleri gibi yeni bir kavram üretmiştir. Ayrıca hidrojenin tek katmanı olduğunu belirtmekte ve başka katmanı olmadığı için ışımaya yapmaması gerektiği görüşünü ileri sürmektedir. Öğrenci, Bohr Atom Modelinde açıklanan; hidrojen atomunun uyarıldığı durumda başka enerji seviyelerine geçerek tekrar temel hale dönüşünde ışımaya yapacağı bilgisi ile soruyu ilişkilendirememektedir.

Genel olarak bakıldığından öğretimin, öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğu görölmüştür. Öğrencilerden D2 kendisi ile yapılan son görüşmede öğretimin soru ile ilgili bölümüne mazeretinden dolayı katılamadığını bu nedenle yanıtından pek emin olamadığını belirtmiştir. Bohr Atom Modeli ile ilgili çeşitli kitaplardan sadece sınavda başarılı olma adına çalışma yaptığını kendi deyimiyile günü kurtarmaya çalıştığını belirtmiştir. Öğrencinin "eğer öğretime katılıp simülasyonlarla çalışıp sınıf tartışmasına katılabilseydim soruyu rahatlıkla yanıtlardım" şeklindeki beyanı kendinin öğretime yönelik tutumunu da ortaya koymuştur.

Öğretim aşamalarında öğrencilere çalışmalarını için bilgisayar ortamında Frank - Hertz Deneyi, çeşitli gazlara ait yayma ve soğurma spektrumu simülasyonları

verilmiştir. Simülasyonlar üzerinde çalışmaları, ortaya çıkan sonuçları grup içinde daha sonra sınıf ortamında tartışmaları öğrencilerin Bohr Atom Modeli ile ilgili soruyu yanıtlamalarında onlara yardımcı olmuştur. Örneğin simülasyonlarda bir gazın ait çizgi spektrumunda renkli görülen bölgelerin, soğurma spektrumunda siyah gözükmesi durumunun sınıf içinde tartışılması öğrenciler için akılda kalıcılığı artırmıştır. Görüşme yapılan öğrenciler genellikle öğretim aşamalarına vurgu yaparak soruyu yanıtlamıştır. Öğrenci D31 gecikmiş son görüşmede "bir atom yaydığı ışığı soğurabilir" şeklinde bir açıklama yaparak, yayma ve soğurma spektrumlarına ait simülasyonlardan çıkan sonuçları başarılı bir şekilde özetlemiştir.

Bununla birlikte Frank - Hertz Deneyinde çizdirilen akım - hızlandırıcı gerilim grafiği ile gazlara ait yayma ve soğurma spektrumları arasındaki ilişkinin sınıf ortamında daha dikkatli ilişkilendirilmesi gerektiği görülmüştür. Daha önceden belirtildiği gibi son testte öğrencilerin bazıları Frank - Hertz Deneyindeki akım hızlandırıcı gerilim grafiğini, atoma ait enerji zaman grafiği olarak çizmişlerdir. Ortaya çıkan bu araştırma sonucunun bundan sonra yapılacak olan modern fizik öğretimlerinde tekrarlanmaması için ek etkinliklere yer verilmesi gerektiği düşünülmüştür.

5.1.8 MFKT'deki Atomun Uyarılması ile İlgili Sekizinci Soruya İlişkin Bulgular

MFKT'de yer alan ve atomun uyarılması ile ilgili olarak sorulmuş sekizinci soru Şekil 5.50'de görülmektedir.

Sorunun (a) bölümünde atomların bulunduğu bir odacığa X ışınları gönderilmekte, (b) bölümünde ise atomların bulunduğu odacığa elektronlar gönderilmektedir. Öğrencilere X ışınları ve atomlar ile gaz atomları arasında bir etkileşimin olup olmayacağı sorulmuştur. Sorunun (a) bölümünde atomdaki enerji düzeylerine denk gelen enerjilerdeki X ışınları soğrulacağı ya da X ışınlarından bazılarının gazı iyonlaştırabileceği yönünde yazılan açıklamalar tam doğru kabul edilmiştir. Sorunun (b) bölümü için de birinci uyarılma düzeyinin üstünde bir enerjiye sahip elektronun atomu uyarabileceği yönünde verilen yanıtlar doğru kabul edilmiştir.

8.

Sezyum atomları Şekil 1'de yüksek enerjili X ışınları ile bombardıman ediliyor. X ışınları ile sezyum atomları arasında bir etkileşim ortaya çıkar mı? Gereçlerini de belirterek yazınız.

Sezyum atomları Şekil 2'de yüksek enerjili elektronlar ile bombardıman ediliyor. Elektronlar ile sezyum atomları arasında bir etkileşim ortaya çıkar mı? Gereçlerini de belirterek yazınız.

Şekil 5.50: MFKT'de yer alan ve atomun uyarılması konusu ile ilgili soru.

Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki sekizinci soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.15 oluşturulmuştur.

Öğrencilerin ön testte verdiği yanıtların %37,5'i Tablo 5.15'de görüldüğü gibi klasik fiziğe dayanmaktadır. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin genellikle X ışınlarının yansıma ve kırılmaya uğradıkları yönünde açıklama yaptıkları görülmüştür. Ön testte öğrencilerin %45'i gibi büyük bir çoğunluğu sezgisel yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin soruyu klasik fiziğe dayalı modelleri ile açıklayamayınca tahminlerde bulunarak açıklama yaptıkları görülmüştür. Sezgisel yanıt veren öğrencilerin açıklamaları detaylı olarak ilerleyen bölümlerde incelenecektir.

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %52,5'inin, öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan gecikmiş son testte ise öğrencilerin %62,5'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür. Tablo 5.15'de görüldüğü gibi gecikmiş son testte bir artış yaşansa da son testteki bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdesinin daha önce incelenen diğer sorulardaki kadar yüksek olmadığı görülmüştür. Ortaya çıkan bu durumun detayları aşağıda başlıklar altında incelenecektir.

Tablo 5.15: MFKT'deki Sekizinci Sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ		ÇALIŞMA GRUBU	
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	10 (25,00)	19 (47,50)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	2 (5,00)	11 (27,50)	6 (15,00)
Ara Toplam 1	2 (5,00)	21 (52,50)	25 (62,50)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. Modern Fiziğe Dayalı Yanıtlar	0	10 (25,00)	11 (27,50)
2. Klasik Fiziğe Dayalı Yanıtlar	15 (37,50)	3 (7,50)	0
3. Sezgisel Yanıtlar	18 (45,00)	4 (10,00)	1 (2,50)
Ara Toplam 2	33 (82,50)	17 (42,50)	12 (30,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	4 (10,00)	1 (2,50)	0
D. Yanıtsız	1 (2,50)	1 (2,50)	1 (2,50)
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

5.1.8.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön testteki atomun uyarılması ile ilgili sekizinci soruya tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmazken, öğrencilerin %5'i soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermiştir. Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklendirilmiştir.

D12: Evet etkileşim olur. Işınlarda çarpınca yön değiştirebilir ve sezyum atomundan elektron koparabilirler.

D23: X ışınları sezyum atomları arasında bir etkileşim olur. Çünkü X ışınları sezyum atomlarına çarptığında enerjisinin bir kısmını sezyum atomlarına aktarır.

Öğrencilerin yanıtları görüldüğü gibi kısmen doğru kabul edilebilir durumdadır. Ancak tam doğru yanıtta birçok açıklamadan yoksun oldukları görülmüştür. Bu nedenle öğrenciler ile gerçekleştirilen ön görüşmelere ait kayıtlarına bakılmıştır. Görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Atomların bulunduğu bir ortama X ışınları ve elektronlar gönderiliyor. Etkileşim olup olmayacağı konusunda neler söyleyebilirsin?

D12: *X ışınları bazı yerlerde okuduğuma göre maddelerin ani enerji değişimlerinde yaydığı ışın. Başka bir maddede farklı bir etkiye sebep olmaz. X ışınları etki etseydi o zaman sezyum atomlarının da X ışını yayması gerekirdi. Ama elektronlar tam olarak bir ışın değil bir parçacık ve enerjisi olan bir parçacık. Sezyum atomlarındaki elektronlara çarptığında elektron koparılmasını sağlayabilir. Atomlar 8A grubundaki gibi kararlı değilse, elektronları kendilerine çekerek kararlı hale geçmeye de çalışabilirler. Kimyasal olarak değişmeye de sebep olabilirler. Işınlar bunu yapamaz.*

Araştırmacı: Elektronlar atomlara bağlanabilir diyorsun.

D12: *Evet atomun elektronu yerine geçebilirler.*

Araştırmacı: Elektron kopması durumundan bahsettin. Az önce ışık için de aynı şeyi söylemiştin şimdi elektronlar için aynı şeyi söylüyorsun.

D12: *X ışınları özellikle verilmiş. Daha önce söylediğim gibi X ışınları maddenin ani enerji değişimi ile ortaya çıkan bir ışın olduğunu biliyorum. Bu ışınlar maddede enerji değişimine neden olmaz etki oluşturmaz. Ama elektronlar bir parçacık. Bu sezyum atomlarında kimyasal reaksiyon oluşturup, atomların elektronlarının yerine geçebilir ya da o elektronlara çarparak elektronların yörüngelerinden koparabilir.*

Öğrenci D12'nin ön testteki yanıtında X ışınlarının sezyum atomlarından elektron koparabileceği yönünde ifadeler kullandığı görülmüştür. Ancak öğrenci ile yapılan ön görüşmede kendisi X ışınlarının madde üzerinde her hangi bir etki oluşturamayacağını belirtmiştir. Ayrıca yanıtı elektron kopmasına dayalı olduğundan kısmen doğru kabul edilen öğrenci, görüşmede gelen elektronların atomun elektronlarını kopartarak onların yerine geçebileceği yönünde görüş bildirmiştir. Söz ettiği bu durumu da kimyasal bir reaksiyon olarak tanımlamıştır. Ön testte verdiği yanıt kısmen doğru olsa da görüşmede kendisinin kimyasal reaksiyonlar ile soruda verilen durumu ilişkilendirdiği görülmektedir.

Araştırmacı: Atomların bulunduğu bir ortama X ışınları ve elektronlar gönderiliyor. Etkileşim olup olmayacağı konusunda neler söyleyebilirsin?

D23: *Etkileşim olur dedim ben sezyum atomları yüksek enerjili X ışınlarındaki fotonlarla etkileşim olur ve elektronların enerjileri artabilir.*

Araştırmacı: Yüksek enerjili elektronlar gönderirsek bir etkileşim olur mu?

D23: Sezyum atomlarının elektronları ile yüksek enerjili elektronlar arasında elektronlar arasında bir çarpışma olur ve enerji artabilir.

Araştırmacı: Elektronlar enerji kazanınca sonrasında ne olur?

D23: Elektronların yörünge etrafında dönüş hızı artabilir. Etrafına ışık saçır demiştin o olabilir.

Araştırmacı: Elektronun enerjisi artarsa etrafına ışık mı saçar?

D23: Belli enerji artışından sonra kırmızı sarı mavi ışık saçabilir.

Araştırmacı: Bunun sebebi nedir? Bir madde neden etrafına ışık saçar?

D23: Elektrondaki enerji değişimi maddenin enerji saçmasına sebep olabilir.

Öğrenci D23 X ışınları fotonlarının atomların elektronlarını etkileyebileceğini düşünmektedir. Ancak elektronun enerjisinin artması sonucunda ne olacağına yönelik kendisine yöneltilen soruya karşılık elektronların yörüngede dolaşma hızlarının artacağını ifade etmiştir. Öğrenci benzer biçimde atomlar üzerine elektron gönderildiğinde de atomun elektronlarının enerji kazanabileceğine yönelik fikirlere sahiptir.

Ön testte öğrenciler arasında modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren bulunmazken, öğrencilerin %37,5'i klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin yanıtları kategorinin özelliğini göstermesi açısından aşağıda örneklemiştir.

D2: a. X ışınlar radyoaktiftir. Sezyum atomları da tahminimce radyoaktiftir. Kutuda aralarında bir etkileşim gerçekleşir ancak dışarıya bir saçılma olmaz.

b. Sezyum atomları elektronlar ile kesiştiğinde kırılma gerçekleşir. Elektronlar önüne bir engel çıkmazsa yollarına aynen devam ederler.

D4: a. Evet etkileşim olur. Bu etkileşim kırılma ve yansıma gibi gerçekleşir.

b. Etkileşim olur. Ama gerçekleşen etkileşim daha çok iki elektron arasında gerçekleşen elektron alışverişi şeklindedir.

D6: a. Yüksek enerjili X ışınlarından sezyum atomlarına enerji akışı gerçekleşir.

b. Elektronlar hareketli taneciklerdir. Yüksek enerjili elektronlar sezyum atomlarına enerji aktarabilirler.

D7: a. Etkileşim olmaz. Işık yüklü olmadığından elektrona etki etmez.
b. Çıkar. Elektronlar arasında etkileşim olabilir ya da yer değiştirebilirler.

D8: a. Bence bir etkileşim ortaya çıkmaz. Çünkü ışık sezyum maddesi tarafından soğrulur ya da yansıtılır.
b. Bence bir etkileşim ortaya çıkabilir. Çünkü elektronlar sezyum atomuna eklenebilir ya da onların bağlarını koparabilir.

Öğrenci D4 ön testte verdiği yanıtın (a) bölümünde ışığın yansiyip kırılmaya uğrayabileceğini yönünde açıklamalar yapmıştır. Benzer şekilde D8 öğrencisinin yanıtının (a) bölümünde ışığın madde tarafından soğrulacağı ya da yansıtılacağı şeklinde klasik fiziğe dayalı fikirlere sahip olduğu anlaşılmıştır. D6 öğrencisi de yanıtının (a) bölümünde yüksek enerjili X ışınlarından atomlara enerji geçeceğini düşünmektedir. Öğrencinin yanıtı aslında yanlış değilse bile açıklamaları atom modellerinden herhangi birine dayanmamakta, klasik enerji alışverişi mantığına dayanmaktadır. Öğrencilerin sorunun (b) bölümündeki yanıtlarında genel olarak elektronların ortaklaşa kullanılması, elektronları sezyum atomuna bağlanması, atomun elektronu ile gönderilen elektronların yer değiştirmesi gibi kimya derslerinde öğrendikleri yasaları içeren açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Öğrencileri öğretim öncesindeki fikirlerini daha detaylı olarak incelemek için yapılan ön görüşmelere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Atomların bulunduğu bir ortama X ışınları ve elektronlar gönderiliyor. Etkileşim olup olmayacağı konusunda neler söyleyebilirsin?

D2: Sezyum atomlarının radyoaktif bir özellik gösterebileceğini düşünerektenben bu sonuca vardım. İkisi de yüksek enerjiye sahip birbiri ile etkileşebilirler.

Araştırmacı: Peki sezyum atomunun 1A grubunda bir element olduğunu söylesem.

D2: O zaman radyoaktiflikle ilgili fikrim değişse de aralarında etkileşim olur yine. Birbirlerine enerji aktarabilirler, X ışınları kırılmaya uğrayabilir.

Araştırmacı: Kırılma nasıl gerçekleşir

D2: Biraz da açılarak başka yöne doğru gidebilirler.

Araştırmacı: X ışınları radyoaktiftir demiştin. Hangi özelliği ile X ışınları radyoaktiftir?

D2: X ışınları ile ilgili daha önce bir makale tarzında bir şey okumuştum. Oradan aklımda kaldı ama tam emin değilim.

Araştırmacı: Yüksek enerjili elektronlar gönderilirse bir etkileşim ortaya çıkar mı?

D2: Bence yine çıkar. Sonuçta yüksek enerjili. Atomlara çarpınca kırılmaya uğrar, çarpışmazsa yoluna devam eder.

Öğrenci D2 daha önceden okuduğu bir makaleden aklında kaldığını şekliyle X ışınlarının radyoaktif olduğuna ilişkin fikirlere sahiptir. Böylelikle sezyum atomu ile etkileşebileceğini belirttiği görülmüştür. Yüksek enerjili elektronların ise atoma çarpanlarının kırılmaya uğrayacağı, çarpmayanlarınsa yollarına aynen devam edecekleri yönünde fikirlere sahip olduğu görülmüştür. Öğrenci D2 ön görüşmede ön testteki yanıtına paralel açıklamalar yapmıştır.

Klasik fiziğe dayalı yanıt veren başka bir öğrenci olan D4'e ait ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Atomların bulunduğu bir ortama X ışınları ve elektronlar gönderiliyor. Etkileşim olup olmayacağı konusunda neler söyleyebilirsin?

D4: Ben etkileşim olur demiştim çünkü sezyum atomundan oluşan bir kutumuz var içeriye gönderdiğimiz X ışınları atomları harekete geçirebilir. Bu nedenle etkileşim gerçekleşir.

Araştırmacı: Cevabında kırılma ve yansımadan bahsetmişsin.

D4: İçerideki atomlar ışığa tepki gösterir ve bu şekilde kırılma ve yansımalar gerçekleşir dedim.

Araştırmacı: Bu tepki kavramını biraz daha açabilir miyiz?

D4: Nasıl bir ayna ışığı yansıtıyorsa, atomlarda ışığı yansıtabilir.

Araştırmacı: Yüksek enerjili elektronlar gönderdiğimizde ne olur?

D4: Elektron alış verişi gibi düşünülebilir. İyonik ve kovalent bağlar gibi düşünülebilir. Gönderdiğimiz elektronlarla ortaklaşa bir şekilde de gerçekleşebilir ya da elektron alışverişi şeklinde de gerçekleşebilir. Kimyasal bir durum gibi.

Öğrenci D4 görüşmede ön testteki yanıtına paralel açıklamalar yapmıştır. Öğrenci yüksek enerji X ışınlarının atomlara çarparak yansıtılabileceği ve kırılabilceği yönünde açıklamalar yapmıştır. Ayrıca yüksek enerjili elektronlar ile

atomlar arasındaki etkileşimi kimya dersinde öğrendiği bileşik oluşması konusu ile ilişkilendirmektedir. Öğrencinin atom üzerine gönderilen elektronun atom ile iyonik ya da kovalent bağ yapabileceği yönünde fikirlere sahip olduğu görülmüştür.

Tablo 5.15'de görüldüğü gibi öğrencilerin %45'i gibi büyük bir çoğunluğu sezgisel yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D1: a. X ışınları sezyum atomu ile etkileşime girer ve ışınlar yaymaya başlar. Sezyum bir metaldir bu ışık yaymasında etkili olur.
b. Yukarıdaki örnekte olduğu gibi bir sonuç çıkar. Çünkü ışınlar elektronlardan oluşur.

D9: a. X ışınları elektron yüklüdür. Sezyum atomlarında da elektron vardır ve birbirlerini iterler. Etkileşim olmaz pencereden ışık geçer.
b. Etkileşim ortaya çıkmaz. Sezyumdaki elektronlar gönderilen elektronları iter ve pencereden elektronlar geçer.

D24: a. Etkileşime girer. X ışınlarında hareket eden parçacıklar elektronlardır. Dolayısıyla elektronlarla sezyum atomları etkileşime girebilirler.
b. Sezyum atomları ile elektronlar arasında bir etkileşim olmaz. Çünkü sezyum atomları bir metaldir. Metaller elektronla tepkimeye veya etkileşime girmezler.

Sezgisel yanıt veren öğrencilerin yanıtlarından X ışınlarının özellikleri ve elektromanyetik spektrumda yer alan bir ışın olduğu bilgisine sahip olmadıkları anlaşılmıştır. Öğrenciler yüksek olasılıkla atomla ışığın etkileşemeyeceğini düşündüklerinden, soru ile karşılaşınca atomu etkileyenin elektron olması gerektiğini böylelikle X ışınlarının da elektronlardan oluşması gerektiğini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin öğretim öncesindeki fikirlerini detaylıca öğrenebilmek amacı ile yapılan ön görüşmelere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Atomların bulunduğu bir ortama X ışınları ve elektronlar gönderiliyor. Etkileşim olup olmayacağı konusunda neler söyleyebilirsin?

D1: Etkileşim olur diye düşündüm. Bu etkileşim sonunda ışıma şeklinde ortaya çıkan bir enerji olur diye düşünmüştüm.

Araştırmacı: Yüksek enerjili elektronlar gönderildiğinde etkileşim olur mu?

D1: X ışınlarına göre daha yüksek enerjili olduklarını düşünüyorum ben elektronların. Daha sarıya dönük bir ışıma olur diye düşünüyorum.

Araştırmacı: Bu ışımalar daha önce şu dördüncü soruda bahsettiğin ışımalar mı?

D1: Elektronların enerjileri artınca birbirlerine yaklaşır etkileşir ve ışıma üretirler.

Araştırmacı: X ışınları gönderdiğimizde hangi renk olur?

D1: Mesela mavi olabilir.

D1 öğrencisinin gönderilen X ışınlarının ve elektronların atomun elektronlarının enerjilerini artıracaklarını, elektronların enerjileri arttıkça birbirlerine daha da fazla yaklaşacaklarını böylelikle ışıma yapacaklarını düşündüğü görülmüştür. Dikkat edilirse öğrenci atomun elektronunun uyarılması fikrine sahip değildir. Verilen durumu kendine mantıklı gelen bir biçimde açıklamaya çalışmıştır.

Sezgisel yanıt veren başka bir öğrenci olan D24'e ait ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Atomların bulunduğu bir ortama X ışınları ve elektronlar gönderiliyor. Etkileşim olup olmayacağı konusunda neler söyleyebilirsin?

D24: Sezyum metaldir. Metal elektron ister. Haliyle X ışınlarının elektron olduğu düşünülürse tepkime gerçekleşebilir.

Araştırmacı: Yüksek enerjili elektronlar gönderildiğinde ne olur?

D24: Yine etkileşim olur. İkisi arasında bir fark olması lazım ama X ışınları da elektronlardan oluşur.

Araştırmacı: Tepkime nasıl gerçekleşir?

D24: Sezyum atomları elektron verir. Sonuçta bir etkileşim ortaya çıkar.

Araştırmacı: Bu tepkime elektron alıp verme şeklinde mi gerçekleşiyor?

D24: Yani...Ben öyle düşünüyorum.

Öğrencinin X ışınlarının elektronlardan oluştuğunu, böylelikle sezyum atomları ile arasında bir etkileşim ortaya çıkabileceğini düşündüğü görülmüştür. Ayrıca atomlar üzerine gönderilen yüksek enerjili elektronların da aynı etkiyi

yapacağını belirtmiştir. Öğrenci, D1 öğrencisinde de görüldüğü gibi X ışınlarının elektromanyetik spektrumda yer alan bir ışına olduğu bilgisine sahip değildir. Bununla birlikte elektron - atom etkileşimini kimya dersinde öğrendiği yasalara dayandırmaktadır.

Ön testteki sekizinci soruya öğrencilerin %10'u "elektronlar ile kesiştiğinde buluşma gerçekleşir" şeklinde konu ile ilişkisiz ve kodlanamaz yanıt verirken, %2,5'i yanıt vermemiştir. Genel olarak bakıldığında öğrencilerin atomun foton ve elektronlarla uyarılmasına yönelik bilimsel gerçeklerle uyum içinde olmayan kavramsal anlamaya sahip oldukları görülmüştür.

5.1.8.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Son testte öğrencilerin %25'i sekizinci soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren Öğrenci D4'ün açıklamaları aşağıda görülmektedir.

D4: a. Atom fotonlar, elektronlar ve sıcaklıkla uyarılabilir. Burada göndermiş olduğumuz X ışınları sezyum atomlarının enerji düzeyine karşılık gelen enerjili fotonlar ile uyarılabilir.

b. Elektron gönderdiğimizde ise elektron sezyum atomunun birinci uyarılma enerjilerini geçmişse atomu uyarabilir.

Ön test ve görüşmede X ışınlarının maddede kırılma ve yansımaya uğrayacağı yönünde klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci D4'ün kavramlarını bilimsel olanı ile değiştirmiş olduğu yanıtından görülmektedir. Öğrenci ile gerçekleştirilen son görüşmede kullanılan görüşme formundaki ilgili soru Şekil 5.51'de aktarılmıştır.

Öğrenci D4'ün kavramsal anlama düzeyini daha iyi inceleyebilmek için kendisi ile yapılan son görüşmeye ait diyalog aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Frank ve Hertz deney tüpünü sormuştuk

D4: Hatırlıyorum.

Araştırmacı: Akımın hızlandırıcı potansiyel farkına bağlı değişim grafiği görülmekte. Grafikteki bu ani azalışların sebebini istiyorum.

D4: Ani azalışlar gazda meydana gelen ışımaları ifade ediyor. Daha fazla enerji verilince elektronlara, atomun enerjisi artıyor bir üst seviyeye geçiyor ve tekrar alt enerji düzeyine geçince ışımalar yapıyor. Bu arada uyarıcı elektronlar enerjilerini atoma aktardıklarından enerjileri düşüyor.

Araştırmacı: Civa ve neon kullanıldığında düşüşlerin farklı noktalara denk gelmesi neden olabilir?

D4: Her madde için aynı yerde ışımaya yapacak diye bir şey yok. Her maddenin kendine özgü enerji düzeyleri vardır. İki madde için de o noktalara denk gelmiştir.

Son görüşme formunda bulunan atomun uyarılması ile ilgili soruyu öğrenci D4 bilimsel olarak tam doğru olarak yanıtlamış ve kavramsal değişimi güçlü bir şekilde gerçekleştirdiğini göstermiştir.

Son testte öğrencilerin %27,5'i soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D1: a. Fotonlar bir atomu belirli enerji seviyelerine uyarabilirler.

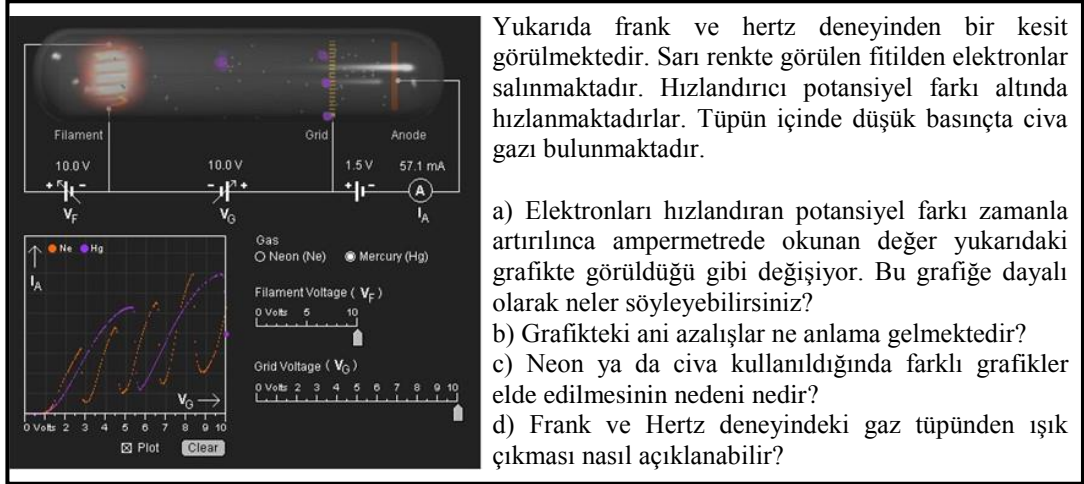
b. Eşik dalgaboyundan sonra her dalgaboyunda ışık verebilir.

D24: a. Sezyum atomları ile X ışınları etkileşecek ve atomdan elektron koparacaktır.

b. Sezyum atomları yüksek enerjili elektronlar ile bombardıman sırasında elektronlar hız kazanırlar.

D31: a. Evet çıkar. Yüksek enerjili X ışınları zamanla elektron koparacaktır. Bu da X ışınları ile sezyum atomları arasında etkileşime neden olur.

b. Evet etkileşim olabilir. Çarparak atomlara hız kazandırabilir. Bu da onlar arasında etkileşime yol açar.



Yukarıda frank ve hertz deneyinden bir kesit görülmektedir. Sarı renkte görülen fitilden elektronlar salınmaktadır. Hızlandırıcı potansiyel farkı altında hızlanmaktadır. Tüpün içinde düşük basınçta civa gazı bulunmaktadır.

- Elektronları hızlandıran potansiyel farkı zamanla artırılınca ampermetrede okunan değer yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi değişiyor. Bu grafiğe dayalı olarak neler söyleyebilirsiniz?
- Grafikteki ani azalışlar ne anlama gelmektedir?
- Neon ya da civa kullanıldığında farklı grafikler elde edilmesinin nedeni nedir?
- Frank ve Hertz deneyindeki gaz tüpünden ışık çıkması nasıl açıklanabilir?

Şekil 5.51: Son görüşmelerde kullanılan formdaki Frank Hertz Deneyi ile ilgili soru.

Öğrencilerin son teste verdikleri yanıtlarının nitelik açısından zayıf açıklamalar içerdikleri görülmektedir. Genellikle a bölümüne doğru yanıt veren öğrenciler, b bölümünde net açıklamalar yapmamıştır. Bu nedenle öğrencilerin görüşme diyaloglarına bakılmıştır. Öğrencilere ait son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Frank ve Hertz deney tüpünü ile ilgili soruyu okuyup soruları yanıtlayabilir misin?

D1: Bir atoma belli bir akım gönderilince enerjisi belli bir noktaya gelince üst enerji seviyesine gelip alt enerji seviyesine geliyor. Bu aradaki farkı ışıma olarak yayıyor.

Araştırmacı: Akımdaki ani düşmeyi nasıl açıklıyorsun.

D1: Akımdaki düşme ışık olarak yayınlanıyor.

Araştırmacı: Helyum yerine neon kullanıldığında grafikte değişim oluyor. Bunu nasıl açıklıyorsun.

D1: Belli bir enerji seviyesine gelebilmesi için gerekli enerjiler farklıdır. Örneğin Neonda daha az bir enerji ile ilk uyarılma düzeyine çıkarılabilirken, civada daha fazla enerji vermek gerekiyor olabilir.

D1 öğrencisi görüşme diyaloglarında görüldüğü gibi atomların uyarılması ile ışımaların gerçekleştiğini ifade etmiştir. Ayrıca gazların türü değiştirildiğinde akım hızlandırıcı gerilim grafiğindeki değişimleri de maddelerin enerji seviyelerindeki

farklılıklardan kaynaklandığını belirtmiştir. Görüldüğü gibi fikirleri bilimsel görüşle uyum içindedir.

Araştırmacı: Frank ve Hertz deney tüpünü ile ilgili soruyu okuyup soruları yanıtlayabilir misin?

D31: Biz düşünüyoruz ki atomun enerjisi sürekli artar. Işıktaki da böyledir. Enerjisi sonsuz değil kesiklidir. Kesikli enerji olduğunu gösteriyor.

Araştırmacı: Neon ve civa için daha farklı grafikleri elde ettiğiniz görüyorsunuz bunun nedeni nedir?

D31: Biz (simülasyonda) yaptığımız deneyde sodyumdan hemen elektron kopmuştu ama diğer metalleri kullandığımızda elektron zor kopmuştu. Maddeler arasında enerji düzeyleri açısından fark olabilir.

Araştırmacı: Bir atomu uyarmanın yolları nelerdir?

D31: Fotonlarla, elektronlarla ve alfa tanecikleri ile uyarırız. Birde sıcaklıkla uyarırız.

Araştırmacı: Yanıtında a bölümünde bir uyardan bahsediyorsun ancak b bölümüne baktığımda uyardmaya dayalı bir yanıt göremiyorum.

D31: Zamanım biterken ben bu soruyu cevapladım. Uyardma olacak elektronlar yüksek enerjili ise atomlar uyarılır.

Son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiş olsa da, öğrenci D31'e ait son görüşmede fikirlerinin bilimsel olarak tam doğru olduğu görülmüştür. Öğrenci bilgisayar ortamında üzerinde çalıştığı fotoelektrik olay deney düzeneği ile ilgili simülasyonda karşılaştığı durum ile ilişkilendirerek soruya doğru yanıt vermiştir. Öğretimin öğrencinin kavramsal değişimi üzerindeki olumlu etkisi görülmektedir.

Son testte öğrencilerin %25'i sekizinci soruya modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda aktarılmıştır.

D5: a. Çekirdeğin yakınından geçen ışınlar etkilenir. Sapmalar görülüyor. Diğerleri direkt olarak devam ediyor.

b. Elektronlar eksi yüklü olduğundan sezyum atomlarından daha fazla etkilenirler ve sapmalar daha fazla görülür.

*D7: a. Bazı ışınlar atomun çekirdeğine çarpar ve sezyumdaki elektronu koparabilir.
b. Elektronlar sezyumun elektronları ile etkileşir ve onlara katılabilir.*

*D10: a. Çekirdeğe yakın olarak geçen ışınlar saçılır, diğerleri etkilenmez.
b. Elektronlar eksi yüklü, sezyum artı yüklü olduğu için elektronların hepsi etkilenir.*

*D12: a. Hayır çünkü sezyum burada ışıktan etkilenmez ve bir etkileşime girmez. Sadece çekirdeğe yakından geçenler pozitif yüklü elektrondan dolayı saparlar.
b. Evet çünkü elektronları kendine doğru çekerek kararlı hale gelmeye çalışır. Bu yüzden etkileşim olur.*

*D16: a. Sezyum pozitif yüklüdür. Işınların arasında etkileşim olmasından dolayı ışınların çekirdeğe yakın geçmesi gerekir.
b. Sezyum artı yüklüdür. Elektronun enerjisi sezyum atomuna göre çok düşüktür. Basketbol ile sinek ilişkisi*

Öğrencilerin yanıtlarında, Rutherford Alfa Saçılması Deneyinin zayıf kavramsal değişim yaşayan öğrencilerdeki olumsuz etkisi yeniden görülmüştür. Öğrenciler çekirdeğe yakın seyreden X ışınlarının sapacağına yönelik açıklamalar yapmıştır. Sorunun b bölümüne verdikleri yanıtlar çeşitlilik göstermiştir. Örneğin D7 öğrencisi elektronların sezyum atomlarına katılabileceğini düşünmektedir. D5 ve D10 öğrencileri ise sezyum atomları ile elektronlar arasında Coulomb Etkileşimi olacağını düşünmektedir. Öğrencilerin fikirlerini daha detaylı olarak açığa çıkarabilmek için son görüşme diyaloglarına bakılmıştır. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Frank ve Hertz deney tüpünü ile ilgili soruyu okuyup soruları yanıtlayabilir misin?

D12: Elektron atom altı dünyanın bir elemanı. Elektronların dışarıya enerji vermelerin yolu ışıma yapmalarıdır. Işığın çıkma nedeni enerjilerinin foton olarak yaymalarıdır.

Araştırmacı: Hangi elektronlardan bahsediyorsun? Hızlandırılan elektronlar mı yapar yoksa atomun elektronları mı?

D12: Hızlandırılan elektronlar gaz atomlarına çarpar. Onlara enerji aktarır. Normalin üstünde bir enerjiye çıkmasını sağlar. Elektronlarda normale inmek için ışıma yapabilir.

Araştırmacı: Farklı gazlar kullanıldığında farklı grafik elde ettiğimizi görüyoruz. Bu farklılığın nedeni nedir?

D12: Atomun cinsi ile ilgili bir şey. Grafikteki ani düşüşler ışımanın olduğu yerlere denk geliyor.

Öğrenci D12'nin Frank Hertz Deney tüpüne ilişkin açıklamalarından, atomun elektronlar ile uyarılması ve üst enerji düzeylerine çıkıp tekrar temel hale geçerek ışıma yapması yönünde fikirlere sahip olduğu anlaşılmıştır. Ancak öğrenci son testteki ilgili soruya atomun uyarılması ile ilişkilendirerek bir açıklama yapamamıştır. Bilgiyi başka bir fiziksel durumda kullanamamıştır. Bu nedenle öğrencinin kavramsal değişimi zayıf olarak yaşadığı anlaşılmıştır.

Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan diğer bir öğrenci olan D16'ya ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Frank ve Hertz deney tüpünü ile ilgili soruyu okuyup soruları yanıtlayabilir misin?

D16: Bu grafikteki farklılıklar maddelerin enerji seviyelerindeki farklılıkları gösteriyor. Her enerji değerinde değil de belli enerjilerde ışıma olabileceğini gösteriyor.

Araştırmacı: Tüpten yayılan ışığı nasıl açıklıyorsun?

D16: Elektronlar enerjiyi ışıma olarak yayıyor.

Araştırmacı: Hangi elektronlar bunlar hızlandırılan elektronlar mı yoksa atomun elektronları mı?

D16: Atomun elektronları.

Araştırmacı: Grafikteki azalışlar ne anlama geliyor?

D16: Orbital kavramı. Belli bir enerji seviyesine kadar karşılayabiliyor. Daha fazlası gelince bir üst enerji düzeyine çıkıyor.

Son görüşme diyalogları, nitelik açısından zayıf açıklamalar yapmış olsa da D16 öğrencisinin atomun enerjisinin kesikli olması, atomun elektronlar ile uyarılması konusunda bilimsel olarak kısmen doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Ancak öğrenci son testte verilen durum ile atomun uyarılması konusunu ilişkilendirememiştir. Bu nedenle kavramsal değişimi zayıf olarak yaşadığı anlaşılmıştır.

Öğrencilerin zihinlerinde atomun uyarılmasına ilişkin modellerin oluştuğu ancak kavramsal değişimi güçlü olarak yaşamadıklarından verilen başka bir fiziksel duruma bilgiyi transfer edemedikleri görülmüştür. Örneğin öğrenci D12 Frank Hertz Deneyinde atomların uyarılarak ışınım yapmasına dayalı açıklamalar yaparken, MFKT'deki sekizinci soruda verilen fiziksel duruma elektron alan maddenin kararlı hale gelmesine dayanan ifadeler kullanmıştır.

Son testte öğrencilerin %7,5'i klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D9: a. Sezyum artı yüklüdür. Işınlarda etkileşim olması için ışınların çekirdeğe yakın geçmesi gerekir.

b. Sezyum artı yüklüdür. Elektronlar sezyum atomlarını çeker etkileşir.

D17: a. Hayır atomlar arasında büyük boşluk olduğu için.

b. Evet yüksek enerjili elektronlar sezyum ile tepkimeye girer.

Öğrenci D9 elektronlar ile artı yüklü olduğunu düşündüğü sezyum atomları arasında Coulomb Etkileşimi gerçekleşeceğine yönelik açıklamalar yaparak yanıt verdiği görülmüştür. D17 öğrencisi de klasik fiziğe dayalı yanıtında elektronlar ile sezyum atomları arasında tepkime gerçekleşeceğini belirtmiştir. Durumu daha iyi betimleyebilmek için Öğrenci D9 ile yapılan son görüşmelere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Hızlandırılan elektronlar gaz atomları üzerine gönderildiğinde ölçülen akımın hızlandırıcı gerilime bağlı değişim grafiğini görmekteyiz. Grafik nasıl yorumlanabilir?

D9: Atomun kesikli enerjiye sahip olduğunu anlıyorduk. Aradaki akım farkını artırıyorduk.

Araştırmacı: Tüpten ışık çıkması ne anlama gelmektedir?

D9: Atomların uyarılması...

Araştırmacı: Atomu uyarayan nedir bu durumda?

D9: Gelen hızlı elektronlar.

Araştırmacı: Akımdaki ani azalışların anlamı nedir?

D9: Atomun kesikli enerjisinden dolayı.

Araştırmacı: Neon ve civa gazları ile deney tekrarlandığında akım -hızlandırıcı gerilim grafiklerinin farklı olması ne anlama gelmektedir?

D9: aktivasyon uyarılma enerji seviyelerinin farklı olmasından kaynaklanır.

Araştırmacı: Atomu uyarmanın yolları nelerdir?

D9: Fotonlarla elektronlarla ve sıcaklıkla uyarılabilir.

Araştırmacı: Yüksek enerjili X ışınlarını sezyum atomları üzerine gönderildiğinde etkileşim olur mu demiştik son testteki soruda. "Yanıtında sezyum atomları artı yüklüdür. Bu nedenle X ışınlarının çekirdeğe yakın gelmesi gerekir" şeklinde yanıt vermişsin.

D9: Çekirdeğe gelmesi çarpması lazım. X ışınlarının saçılması için çekirdeğe yakın gelmesi lazım.

Araştırmacı: X ışınlarının yüklü müdür?

D9: X ışınları yüklüdür hocam.

Araştırmacı: Sorunun b bölümünde "elektronlar artı yüklü sezyum tarafında çekilir" şeklinde bir yanıtın olmuş. Yüksek enerjili elektronlar sezyum atomları üzerine gönderildiğinde söz ettiğin sonuç mu gerçekleşir?

D9: Evet hocam.

Araştırmacı: Az önce görüşmenin ilk bölümünde verdiğin yanıtlar ile testte verdiğin yanıtlar çelişti. Az önce tüpten çıkan ışığı atomların elektronlar ile uyarılmasına dayandırmıştın. Testteki yanıtında ise elektronların atomlar tarafından çekileceğini belirtiyorsun.

D9: Haklısınız. Uyarılır hocam.

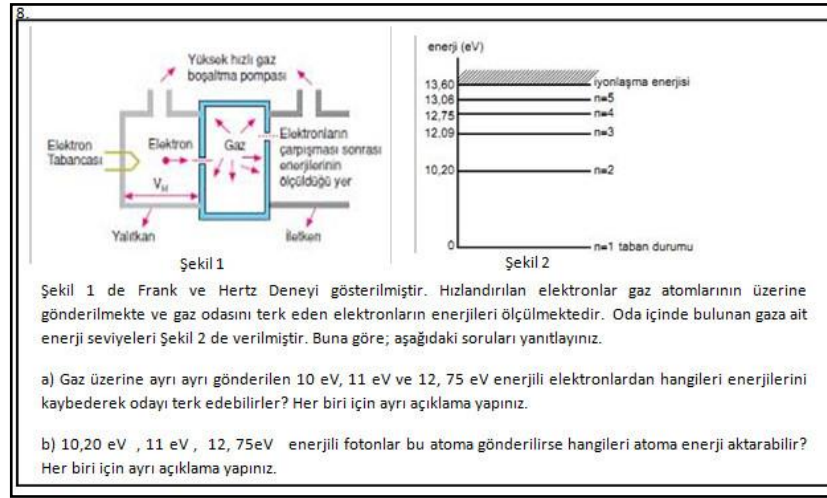
Öğrenci D9 neden sonuç ilişkisi kurarak Frank Hertz Deneyine ilişkin açıklama yapamamıştır. Atomun kesikli enerjiye sahip olduğunun deney ile anlaşıldığını belirtmekte ancak söylediklerine kanıt gösterilebilecek açıklamalar yapamamaktadır. Öğrenci X ışınlarının çekirdek yakınlarından geçtiklerinde saçılacaklarını belirtmiştir. Zayıf kavramsal değişim yaşadığı anlaşılan Öğrenci D9'un Compton Olayına ilişkin kavram yanlışlığının zihninde güçlü kökler saldırdığı anlaşılmaktadır. Öğrenci X ışınları ile ilgili durum verilir verilmez Rutherford'un Alfa Saçılma Deneyini hatırlamaktadır. Oysa X ışınları ile Rutherford'un deneyi arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Görüşmede son testte verdiği yanıt ile görüşmenin başlarında verdiği yanıt arasındaki çelişki kendisine sorulduğunda, kendisi elektronların artı yüklü sezyum atomları tarafından çekileceğini belirtmiştir. Frank Hertz Deneyi ile atomların uyarılması konusu arasındaki ilişkiyi ezbere söylediği anlaşılmıştır. Öğrenci D9 verilen başka bir fiziksel durumdaki atomların uyarılabileceği gerçeğine ilişkin açıklama yapamamaktadır.

Son testte öğrencilerin %10'u "*X ışınları yüksek enerjili olduğu için atomlar ile etkileşime girebilir*", *elektronların enerjileri atomlara göre çok düşük olduğundan etkileşim olmaz*" şeklinde sezgisel yanıt verirken, %2,5'i kodlanamaz yanıt vermiştir. Öğrencilerin %2,5'i de soruyu yanıtsız bırakmıştır.

5.1.8.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT'de atomun uyarılması ile ilgili soru Şekil 5.52'de görüldüğü şekli ile değiştirilerek sorulmuştur. Öğrencilere hidrojen atomunun enerji düzeyleri, elektron ve fotonlara ait çeşitli enerji değerleri verilmiştir. Verilen enerjilerdeki elektron ve fotonların hangilerinin atoma enerji aktarabileceği sorulmuştur. Sorunun (a) bölümünde öğrencilerin, birinci uyarılma düzeyinin (ya da $n=2$. enerji seviyesi) üzerindeki bir enerji ile gelen elektronların atoma enerji aktarabileceklerini belirtmeleri gerekmektedir. Sözü edilen bu açıklama ile birlikte 11 ve 12,75 eV enerjili elektronların atoma enerji aktarabileceği yönünde ifadeler içeren yanıtlar bilimsel olarak tam doğru kabul edilmiştir. Sorunun (b) bölümünde ise öğrencilerin yanıtlarının bilimsel olarak tam doğru kabul edilebilmesi için atoma gönderilen fotonların atomdaki enerji düzeylerine eşit değerde enerjiye

sahip olmaları gerekliliğine vurgu yapılması şarttır. Böylelikle öğrencilerin 10,2 ve 12,75 eV enerjili fotonların atomu uyarabileceğini belirtmeleri gerekmektedir.



Şekil 5.52: Gecikmiş test olarak uygulanan MFKT'deki atomun uyarılması ile ilgili sekizinci soru.

Öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra uygulanan gecikmiş son testteki sekizinci soruya öğrencilerin %47,2'i tam, %15'i kısmen doğru olmak üzere toplam %62,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdesinde son teste göre bir yükselme görülmüştür. Bu durum öğretimden geçen uzun sürenin öğrencilerin kavramlarını değiştirmeleri için fırsat oluşturmasına ayrıca sorunun değiştirilerek sorulmasına bağlanabilir.

Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci D4 ile yapılan gecikmiş son görüşmelere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Sekizinci sorunun (a) bölümünde elektronlardan hangilerinin enerji kaybederek yollarına devam edebilecekleri sorulmuştu.

D4: Elektronla uyardımda atomun birinci enerji düzeyini geçince bu cisimdeki elektronları uyarabilir. Mesela 10 eV birinci düzeyin altında ancak diğer enerjiler birinci düzeyin üzerinde o nedenle atomu uyarabilirler.

Araştırmacı: b bölümüne bakalım. Fotonlar atom üzerine gönderilmişti.

D4: Enerji düzeylerine karşılık gelen fotonlar atomu uyarabilirler.

Araştırmacı: Şekil 2 deki grafikten ne anlıyorsun.

D4: Atomun enerji düzeyleri, atomun enerjisi sürekli değil kesikli.

Ön testte klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci D4 son test ve gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Gecikmiş son görüşmede de bilimsel olarak tam doğru yanıt vererek bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimi güçlü bir şekilde yaşadığını göstermiştir.

Gecikmiş son testte tam doğru yanıt veren öğrencilerden biri de son testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiş olan Öğrenci D2'dir. Öğrenci D2'nin kavramsal değişim düzeyini ortaya koyabilmek için kendisi ile gerçekleştirilen gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Sekizinci sorunun (a) bölümünde elektronlardan hangilerinin enerji kaybederek yollarına devam edebilecekleri sorulmuştu.

D2: 10 eV enerjisini kaybedemez çünkü uyarılma enerjisinden daha az enerjiye sahip. Diğerleri 1. uyarılma enerjisinden büyük olduğunu için uyarır.

Araştırmacı: Atomun uyarılması ne demektir?

D2: elektronlarının başka bir enerji seviyesine ulaşmasıdır. Orbitale değiştirmesi demektir.

Araştırmacı: Sorunun b bölümüne bakarsak.

D2: Fotonlarda enerji seviyelerine eşit değerde olursa uyarırdı. Yoksa uyaramazdı. 10,2 eV ve 12,75 eV enerjili fotonlar enerji seviyelerine denk geldiği için uyabilirler. Diğer 11 eV uyaramaz.

Öğrenci D2'ye ait gecikmiş son görüşme diyalogları kendisinin bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %27,5'i soruya modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D1: a. 10 ve 11 eV enerjiye sahip elektronlar enerji verirler. 12,75 eV enerji değerindeki elektron $n=4$. enerji seviyesine denk geldiği için enerji aktaramaz.

b. 10,2 ve 12,75 eV enerjiye sahip fotonlar enerjilerinin tamamını verirler. 11 eV enerjili foton herhangi bir enerji düzeyinde olmadığı için enerji veremez.

D1 öğrencisi, hidrojen atomunun ilk uyarılma düzeyinin altında ve 10 eV enerji değeri ile gönderilen elektronların atomu uyarabileceğini belirtmiştir. Ayrıca atomun enerji düzeylerine eşit enerji ile gönderilen elektronların atomu uyaramayacağını belirtmiştir. Sorunun b bölümüne verdiği yanıt bilimsel olarak tam doğru olsa da öğrencinin yanıtı kabul edilemez türden yanıtlar kategorisinde kodlanmıştır. Öğrenci ile gerçekleştirilen gecikmiş son görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Sekizinci sorunun (a) bölümünde elektronlardan hangilerinin enerji kaybederek yollarına devam edebilecekleri sorulmuştu.

D1: 10 eV n=2'ye zaten ulaşamamış. O hiç bir şekilde enerji kaybetmez. 11 eV enerjili elektron 10,2 eV enerji kaybeder. 12,75 eV ile gelen elektron n=2, n=3 veya n=4 enerji seviyelerine uyarabilir.

Araştırmacı: Yanıtınla şu an söylediklerin arasında bir sıkıntı var. Yanıtında 10 ve 11 eV enerjili elektronların uyarabileceğini, 12,75 eV enerjili elektronun uyaramayacağını söylemişsin.

D1: Yok 10 eV aktarmaz. 12,75 eV ise aktarır. Sanırım o an kafam karışmış.

Öğrenci gecikmiş son görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Kendisine gecikmiş son test ve görüşmedeki açıklamaları arasındaki çelişkiden söz edildiğinde öğrenci görüşmedeki fikirlerinin doğru olduğunu, testte karışıklık yaşadığını fark ettiğini belirtmiştir.

D9. a. Elektronun etkileşmesi için enerjisinin iyonlaşma enerjisi ile aynı olması gerekir. 10 ve 11 eV enerjili elektronlar enerji aktaramaz. 12,75 iyonlaşma enerjisi olduğu için elektron kopar ve enerji kaybeder.

b. 10,20 eV enerji aktaramaz çünkü enerjisi sadece elektron koparmaya yeter. 11 eV enerjili elektron 0,80eV enerji aktarır. Çünkü iyonlaşma enerjisinden fazla. 12,75 eV enerjili elektron enerji aktarabilir. Çünkü 3.katmandan elektron koparılır.

Öğrenci D9 da elektronun atomlarla etkileşmesi için sahip olması gereken enerji değerinin, atomun enerji seviyelerine eşit olması gerektiği yönünde açıklamalar yaparak yanıt vermiştir. Ayrıca sorunun b bölümüne verdiği yanıtta da fotonlarla atomların uyarılmasına ilişkin kavram yanlışlarına sahip olduğu

görülmüştür. Bilimsel görüşe göre atomların enerji düzeylerine eşit enerjiler ile gönderilen fotonlar atomu uyarabilirler. Öğrenci D9 ise enerji seviyelerinden farklı enerjilerde gönderilen fotonların atomu uyabileceğine yönelik ve bilimsel olmayan bir kavramsal anlamaya sahiptir. Kendisi ile yapılan gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Sekizinci sorunun (a) bölümünde elektronlardan hangilerinin enerji kaybederek yollarına devam edebilecekleri sorulmuştu.

D9: Elektronla fotonun atomları uyardığını biliyorum. Foton ya da elektronlardan biri tam enerji seviyelerinde uyarıyordu. Biri de ilk uyarılma düzeyinin üzerinde uyarıyordu. Sınav esnasında aklıma gelmedi ama daha sonra baktım. Fotonlar tam enerji düzeyinde uyarırken, elektronlar ilk uyarılma enerjisinin üzerinde gelirse uyarır. 10 eV yollanırsa ilk uyarılma düzeyinin altında olduğu için etkileyemez. Benim ilk uyarılma düzeyi dediğim aslında $n=2$ hocam. Eğer 11 eV gönderilirse 10,2 eV aktarır, 0,8 eV ile devam eder. 12,75 eV enerjili elektron $n=2$, $n=3$ e uyarır. $n=4$ 'e de etkileyebilir.

Araştırmacı: (b) bölümüne bakalım.

D9: Fotonun tam olması gerekiyor. 10,2 eV denk geliyor enerji seviyesine, 11 eV etkilemez. 12,75 eV tam seviyeye denk geliyor. O da etkiler.

Araştırmacı: Yanıtlarına baktığımda söylediklerinin tam tersini görüyorum. Bu karışıklığı nasıl düzelttin?

D9: Hocam sınav esnasında dalgındım. Sonradan düşününce böyle olduğu aklıma geldi.

Araştırmacı: Testin uygulanmasından sonra arkadaşlarınızla paylaşım mı yaptınız?

D9: Evet hocam. Cevaplarımızı tartıştık.

Araştırmacı: Oradan sonuca vardım diyorsun.

D9: Çıkar çıkmaz zaten hocam arkadaşlara dedim. Elektron mu tam enerji seviyesinde uyarıyordu foton mu uyarıyordu diye. Doğrusunu öğrendiğimde tam tersini yazdığımı anladım.

Öğrenci D9 gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Kendisine gecikmiş son test ve görüşmede verdiği yanıtlar arasında çelişki olduğu söylenince sınavda karmaşa yaşadığını belirtmiştir. Öğrenci test uygulaması biter

bitmez arkadaşlarına yaşadığı karmaşayı sorduğunu ve onlarla tartışarak doğru sonuca ulaştığını ifade etmiştir.

D21: a. Hiçbiri terk edemez. Çünkü hiçbiri iyonlaşma enerjisinin üstünde bir değer değil.

b. 10,2 Enerji aktarabilir çünkü $n=2$ enerji seviyesi 10,2 eV. 11 eV enerji aktaramaz. 12,75 eV aktarabilir. Çünkü $n=4$ enerji seviyesi 12,75 eV.

Öğrenci D21'in sorunun (b) bölümünde fotonlar ile atomun uyarılması konusundaki fikirlerin bilimsel olarak tam doğru olduğu halde, (a) bölümüne verdiği yanıt atomların elektronlar ile uyarılması konusunda bir kavram yanılması olduğunu göstermiştir. Öğrenci D21 elektronun atomu uyarabilmesi için iyonlaşma enerjisi değerinin üzerindeki bir enerji ile gönderilmesi gerektiği yönünde açıklama yapmıştır. Öğrencilerin kavramsal anlamasını daha detaylı inceleyebilmek için gecikmiş son görüşme diyaloglarına bakılmıştır.

Araştırmacı: Sekizinci sorunun (a) bölümünde elektronlardan hangilerinin enerji kaybederek yollarına devam edebilecekleri sorulmuştu.

D21: 10 eV olmaz. Çünkü 10,20 eV var en az. Elektron kopmaz. Çünkü iyonlaşma enerjisi 13,60 eV. Bir dakika... Hiçbiri. Elektronlardan hiç biri enerjilerini kaybetmez. Çünkü iyonlaşma enerjisi geçilmediği için elektron kopmaz.

Araştırmacı: Hızlandırılan elektronlardan bahsediyoruz ama. Atomun elektronlarından değil.

D21: Tamam şimdi anladım. Tamam. 10 eV ikinci enerjisi seviyesine geçmiyor. Olmaz. 11 eV olur çünkü 10,2 eV geçmiş. Enerji kazandırabilir.

Araştırmacı: Atomun elektronuna nasıl enerji kazandırabiliriz?

D21: Atomun elektronu ikinci enerji düzeyine çıkararak enerji kazanır, kalan enerji gelen elektronda kalır.

Araştırmacı: Sonuç olarak toparlayabilir miyiz?

D21: Ben testi yanıtlarken atomu iyonlaştırabilir şeklinde algıladım. Oysaki 10,20 eV üzerinde gelen elektronlar 11 ve 12,75 eV enerji ile atomu uyarabilir.

Öğrenci D21'in (b) bölümüne bilimsel olarak tam doğru verirken, a bölümüne kabul edilemez türden yanıt verme nedeni gecikmiş son görüşmede ortaya

çıkarılmıştır. Öğrenci soruyu "elektronlardan hangileri atomu iyonlaştırır" şeklinde algılamış, bu algısına göre yanıt vermiştir. Araştırmacı öğrencinin algısındaki yanlışlığı fark edip kendisini uyardığından a bölümündeki soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir.

D29: a. 10 eV odayı terk edemez.

b. Hepsi enerji aktarır. Çünkü fotonlar iyonlaşma enerjisinden etkilenmez. İyonlaşma enerjileri elektronları etkiler.

D31: a. Elektron olunca ez an $n=2$ seviyesini aşması gerekiyor. Yani 11 ve 12,75 eV enerjili olanlar elektron koparabilir.

b. Fotonlar da ise aynı ışıma katsayılarına elde etmemiz gerekiyor. 12, 75eV ve 10,20 eV.

D29 öğrencisinin yanıtları görüldüğü gibi modern fiziğe dayalı açıklamalar içermiş olsa da bilimsel olarak kabul edilemez türdendir. Öğrenci D31'in de atomu uyarabilecek foton ve elektronları doğru olarak tespit etmiş olduğu ancak yanıtına ilişkin kavram yanlışlığı içeren açıklamalar yaptığı görülmüştür. Öğrenci (a) bölümüne verdiği yanıtta 11 eV ve 12,75 eV enerjili elektronların atomdan enerji koparabileceğini düşünmektedir. Atomun enerji seviyeleri yerine iyonlaşma enerjisi kavramını kullanmıştır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %2,5'i sezgisel yanıt verirken, %7,5'i soruyu yanıtsız bırakmıştır. Ön, son ve gecikmiş son testte elde edilen bulgulara yönelik yorumlar aşağıda tartışma bölümünde verilmiştir.

5.1.8.4 Tartışma

Atomun uyarılması ile ilgili öğrenci fikirlerini incelemek amacı ile sorulan MFKT'deki sekizinci soruya öğretim öncesinde uygulanan ön testte öğrencilerin %5'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermiştir. Öğrenciler ile gerçekleştirilen ön görüşmeler, öğrencilerin gerçekte modern fiziğe dayalı ve bilimsel görüşle uyum içinde fikirlere sahip olmadıkları görülmüştür. Öğrencilerin önceki yıl kimya dersinde Bohr Atom Modeli, enerji seviyeleri, atomun uyarılması gibi konuları

öğrenmiş olsalar da modern fiziğe dayalı ve bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmüştür.

Ön testte sekizinci soruya verilen yanıtların genel itibariyle klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıtlar kategorilerinde toplandığı görülmüştür. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenciler genellikle X ışınlarının yansıyıp kırılabileceği, X ışınları ve elektronların atomlara enerji aktarabileceği yönünde açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Ayrıca klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin bazıları elektronlarla atomları etkileşime geçebileceği ve bu etkileşimin elektronun atoma bağlanması onunla tepkimeye girmesi şeklinde olacağı yönünde açıklamalar yapmıştır. Sezgisel yanıt veren öğrencilerin de tahminlerine dayalı olarak yapmış oldukları görülmüştür. Örneğin öğrencilerden bazıları bulgular bölümünde detaylarının görüleceği üzere X ışınlarının elektronlardan oluştuğu ve bu elektronların atomların elektronları ile etkileşebileceği yönünde açıklama yapmıştır.

Son testte öğrencilerin %52,5'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğretimin Bohr Atom Modeli ile ilgili bölümlerinin öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğu görülmüştür. Ancak sekizinci sorunun son test analizlerinde ortaya çıkan bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdeleri önceki sorularda hesaplananlara göre düşük olduğu görülmüştür.

Son testte zayıf kavramsal değişim yaşayan öğrenciler tıpkı Compton olayı ile ilgili ikinci sorunun analizlerinde görüldüğü gibi sekizinci soruyu yanıtlarken de Rutherford Saçılması Deneyine ait animasyonun etkisinde kalmışlardır. Örneğin D5, D7 ve D10 öğrencileri çekirdeğin yakınlarından geçen X ışınlarının saçılacağını belirtmiştir. Bu durum öğrencilerin hem Compton olayı hem de atomun uyarılmasına ilişkin kavram yanılgısına sahip olduğu göstermiştir. Zayıf kavramsal değişim yaşayan bu öğrencilerin "X ışını" ifadesi ile karşılaştıkları an kısa kestirmeler yaparak X ışınlarının çekirdekte saçılacağı yönünde açıklamalar yaptıkları görülmüştür.

Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren D16 öğrencisi yapılan öğretimden yanlış sonuç çıkarmıştır. Öğrenci son testteki sekizinci sorunun b

bölümüne verdiği yanıtta sezyum atomlarının artı yüklü olduğunu, elektronların enerjisinin de sezyuma göre çok düşük olduğunu böylelikle etkileşim olmayacağını belirtmiştir. Durumun da basketbol topu sinek ilişkisine benzediğini ifade etmiştir. Öğrenci, Rutherford alfa saçılması deneyinin öğretimi aşamasında ders içinde kurulan bir analogiyi örnek göstermiştir. Araştırmacılar tasarladıkları öğretimde deneyde alfa kullanılmasıdaki neden olarak elektronlara göre çok büyük kütlede olmasını göstermiştir. Böylece elektronlar alfaları etkileyemeyecektir. Öğretimde alfaların elektronlara çarpması ile bir basket topunun sineğe çarpması arasında analogi kurulmuştur. Öğrenci bu analogiyi atoma elektron gönderilmesi durumuna yanlış biçimde uyarılama yapmıştır. Bu durum ne kadar mükemmel bir öğretim yapılırsa yapılsın öğrencilerin sonuç çıkarma becerilerinin kavramsal değişim üzerindeki etkisini göstermiştir.

Son testte D9, D17 ve D26 öğrencilerinin de yapılan öğretimdeki ilgili kısımlarda karşılaştığı bilgileri reddederek klasik fiziğe dayalı yanıt verdikleri görülmüştür. Öğrenci D9'un yanıtı, güçlü bir şekilde klasik fiziğe dayalı iken sorunu a bölümünde modern fiziğe de dayalı kabul edilemez türden ifadeler de içermiştir. Öğrenci D9'un Compton Olayına ilişkin kavram yanılığının zihninde güçlü kökler saldırdığı anlaşılmaktadır. Öğrenci X ışınları ile ilgili durum verilir verilmez Rutherford'un alfa saçılma deneyini hatırlamaktadır. Oysa X ışınları ile Rutherford'un deneyi arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Görüşmede son testte verdiği yanıt ile görüşmenin başlarında verdiği yanıt arasındaki çelişki kendisine sorulduğunda, kendisi elektronların artı yüklü sezyum atomları tarafından çekileceğini belirtmiştir. Frank Hertz Deneyi ile atomların uyarılması konusu arasındaki ilişkiyi ezbere söylediği anlaşılmıştır. Öğrenci D9 verilen başka bir fiziksel durumdaki atomların uyarılabileceği gerçeğine ilişkin açıklama yapamamaktadır.

Özetle son testte bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin genellikle sorunun a bölümündeki X ışınlarının atomları uyarılması ile ilgili durumda hata yaptıkları görülmüştür. Genellikle öğrencilerin "X ışını" ifadesi ile karşılaştıklarında atomun uyarılmasından daha çok zihinlerinde güçlüce kök salan "X ışınlarının çekirdeğe yakın seyredenlerinin saçılması" modelini kullanmayı tercih ettikleri anlaşılmıştır. Öğretimin atom modelleri ile ilgili bölümünde öğrencilere

izletilen Rutherford Alfa Saçılması Deneyi ile ilgili animasyonun kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan öğrenciler üzerinde olumsuz etki yaptığı anlaşılmıştır.

Gecikmiş son testte MFKT'deki sekizinci soruda değişikliğe gidilmiştir. Yeni soruda öğrencilere Frank Hertz Deney Düzenine ait şekil ve içinde buluna hidrojen gazına ait enerji seviyeleri verilmiştir. Sorunun (a) ve (b) bölümlerinde verilen foton ve elektronların atomu uyarıp uyaramayacakları sorulmuştur. Gecikmiş son test uygulaması sonunda yapılan analizler öğrencilerin %62,5'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdiklerini göstermiştir. Kabul edilebilir yanıtların %47,5'inin tam doğru, %15'inin kısmen doğru olduğu görülmüştür. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlara ait yüzdelerin son teste göre arttığı dikkati çekmiştir. Artışın nedeni olarak sorunun değiştirilerek sorulması ve öğretim üzerinden geçen uzunca zamanın bazı öğrencilere kavramlarını değiştirmek için fırsat vermesi gösterilebilir. Örneğin, görüşme yapılan öğrencilerin sekizinci sorudaki bireysel gelişimini gösteren Tablo 5.16' da görülen öğrenci D22 son testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt verirken, gecikmiş son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir.

MFKT'deki sekizinci sorunun ve yapılan görüşmelerin analizi sonucunda ortaya çıkan Tablo 5.16 daha önceki sorulardakilere göre öğrenci yanıtları bakımından daha çok değişkenlik göstermiştir. Örneğin öğrenci D21 son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt verirken, gecikmiş son testte şaşırtıcı şekilde bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Kendisi ile gerçekleştirilen gecikmiş son görüşme, öğrencinin soruyu yanlış algıladığını aslında bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir.

Kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan öğrencilerin kavramsal anlamaları üzerine zaman olumsuz etki yapabilmektedir. Örneğin Tablo 5.16'da görülen öğrenci D31 son test ve görüşmede bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermişken, gecikmiş son testte bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencinin gecikmiş son test ve görüşmede fotonların ve elektronların atomu uyarma koşullarını ifade ettiği ancak atoma ait enerji seviyelerinde elektron kopacağını düşündüğü görülmüştür. Örneğin öğrenci D31'e göre ikinci enerji düzeyine uyarılan atomdan elektron kopacaktır.

Tablo 5.16: Görüşme yapılan öğrencilerin sekizinci sorudaki bireysel gelişimi.

KATEGORİ	ÖN		SON		GECİKMİŞ SON	
	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D4,D20 D21, D23	D1,D2,D4, D20,D21,D22, D23,D31	D2,D4,D22 D23,D24,D25	D2,D4,D20, D21,D22,D23, D24,D25
A.2	D12, D23		D1,D24, D31	D12,D16, D25,D26	D20	D1,D9,D31
B.1			D2,D12, D16,D22,D25	D9,D24	D1,D9,D12 D16,D21, D26,D31	D12,D16,D26
B.2	D2,D4,D20 D21,D25,D26 D31	D2,D4,D12 D20,D21, D24,D25, D26,D31	D9,D26			
B.3	D1,D9,D16 D24	D1,D9,D16, D22,D23				
C ve D	D22					

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim

Bununla birlikte öğretim üzerinden geçen uzunca zaman, son test ve görüşmede üst düzeyde kavramsal değişim yaşayamadığı anlaşılan öğrencilerin, kavramlarını bilimsel olanı ile değiştirebilmelerinde onlar için fırsat oluşturabilmiştir. Örneğin öğrenci D24 son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişken, kendisi ile gerçekleştirilen son görüşmede ifade ettiği "elektronun uyarılması daha hızlı hareket etmesidir" şeklindeki açıklaması bilimsel olarak kabul edilemez olarak kodlanmıştır. Ancak öğrencinin gecikmiş son test ve görüşmedeki yanıtlarına bakıldığında bilimsel olarak tam doğru oldukları görülmektedir.

Tablo 5.16'daki öğrenci yanıtlarının değişkenlik göstermesinde değişkenlerden biri de gecikmiş son test uygulaması sonrasında öğrencilerin çoğunun kendi aralarında özellikle değiştirilerek sorulan soruların yanıtlarını tartışmalarıdır. D9 ve D16 öğrencileri gecikmiş son testte atomların fotonlarla ve elektronlarla uyarılma durumları arasında karmaşa yaşamıştır. Öğrenci D9 ile yapılan gecikmiş son görüşmede öğrenci tam doğru yanıt verdiğinde, kendisine bu açıklamayı gecikmiş son testte neden yazmadığı sorulmuştur. Öğrenci testin uygulaması

aşamasında karmaşa yaşadığını o nedenle uygulama biter bitmez arkadaşları ile tartışarak doğru sonuca ulaştığını belirtmiştir.

Tablo 5.16'da görülen D4, D20, D21 ve D23 öğrencilerinin kavramsal değişimi güçlü olarak yaşadıkları görülmüştür. Öğrenciler son test uygulamasından gecikmiş son teste kadar bilimsel olarak tam doğru yanıtlar vermiştir. Öğretim aşamalarının, kavramsal değişim süreçlerinde öğrencilere yardımcı olma noktasındaki başarısı açıkça görülmektedir.

5.1.9 MFKT'deki Elektronların İkili Doğası ile İlgili Dokuzuncu Soruya İlişkin Bulgular

MFKT'de yer alan ve elektronların ikili (dalga ve parçacık) doğası ile ilgili olarak sorulan dokuzuncu soru aşağıdaki Şekil 5.53'te görülmektedir. Öğrencilerin D seçeneğini işaretleyerek, elektronların hem dalga hem de parçacık özelliği gösterdiklerini belirtmeleri gerekmektedir. Bununla birlikte çift yarıқта elektronların girişimi, tek yarıқта elektron kırınımı gibi olaylarından birini dalga özelliğine delil olarak göstermeleri gerekmektedir.

9. Elektron ile ilgili aşağıdaki söylenenlerden hangisi doğrudur? Size göre doğru olan seçeneği yuvarlak içine alarak bu yanıtla ilişkin açıklamanızı yapınız.

A) Dalgadır B) Parçacıktır C) Dalga ya da parçacıktan biridir

D) Hem dalga hem de parçacıktır. E) Ne dalga ne de parçacık değildir.

Açıklama:

Şekil 5.53: MFKT'deki elektronların ikili doğası ile ilgili dokuzuncu soru.

Öğrenci yanıtlarının bilimsel olarak tam doğru kabul edilebilmesi için; elektronun kütleyle sahip olması, atomlar arasında alınıp verilen bir parçacık olması, Compton olayında bir madde topu gibi saçılmasını tanecik ya da parçacık özelliğine delil olarak göstermeleri gerekmektedir.

Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki dokuzuncu soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.17 oluşturulmuştur.

Tablo 5.17: MFKT'deki Dokuzuncu Sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar			
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	19 (47,50)	20 (50,00)
2.(a) Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar (D seçeneği, yanıt kısmi)	2 (5,00)	1 (2,50)	3 (7,50)
2.(b) Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar (D seçeneği, yanıt yok)	0	1 (2,50)	2 (5,00)
Ara Toplam 1	2 (5,00)	21 (52,50)	25 (62,50)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. D seçeneği (Hem dalga hem parçacık)	5 (12,50)	7 (17,50)	2 (5,00)
2. A seçeneği (Dalgadır)	0	1 (2,50)	0
3. B seçeneği (Parçacıktır)	31 (77,50)	10 (25,00)	12 (30,00)
4. E seçeneği (Ne dalga ne de parçacık değildir)	1 (2,50)	1 (2,50)	1 (2,50)
Ara Toplam 2	33 (82,50)	19 (47,50)	15 (37,50)
C. Kodlanamaz	1 (2,50)	0	0
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Tablo 5.17'de görüldüğü gibi ön testte öğrenci yanıtlarının %77,5'i gibi büyük bir çoğunluğu elektronların parçacık özelliği göstermesine yönelik olduğu görülmüştür. Gerek ilköğretim fen ve teknoloji gerekse lise kimya dersleri kapsamında elektron atom altı parçacık olarak öğretilmektedir. Henüz elektronların dalga özelliği göstermesine yönelik öğretime katılmadıklarından öğrencilerin elektronların parçacık olduğu yönündeki fikirlerinin beklenen bir durum olduğu düşünülmüştür.

Tablo 5.17'de görülen belki de en beklenmedik durum elektrona "hem dalga hem de parçacıktır" diyen öğrencilerin yüzdelерinin düşük olmasıdır. Çünkü öğrenciler 10.sınıf kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinde elektronların dalga ve tanecik özelliğini gösterdiğini öğrenmiştir. Gerçekleştirilen ön görüşmeler ön testte kısmen doğru yanıt veren öğrencilerin kimya dersinde yapılan öğretimden etkilendiklerini göstermiştir.

Tablo 5.17 bu araştırmada uygulanan bilişsel çatışmaya dayalı öğretimin, öğrencilerin kavramsal değişim sürecinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğunu göstermiştir. Gecikmiş son testteki bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtla ra ait yüzdelerin son teste göre artış gösterdiği görülmüştür. Ancak bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar bakımından son ve gecikmiş son testte elde edilen yüzdeler önceki sorulardaki kadar yüksek değildir. Tablo 5.17'ye ait detaylı bilgiler aşağıda başlıklar altında verilecektir.

5.1.9.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim öncesinde uygulanan MFKT'deki dokuzuncu soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmazken öğrencilerin %5'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerin ön testte verdikleri yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D2: (D seçeneği) Elektron çekirdek etrafında gezinen bir parçacıktır. Yeri ve hızı aynı anda kestirilemez. Işıma yaptığı için de dalga hareketi de gösterir. Bu nedenden dolayı hem dalga hem de parçacıktır.

D10: (D seçeneği) Çift yarıktaki girişim deneyinde elektronların hem dalga hem de tanecik özelliği gösterdiği kanıtlanmıştır. Elektronlar her iki özelliği de gösterir.

D2 ve D10 öğrencilerinin doğru seçeneği işaretledikleri ancak nitelik açısından zayıf açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Öğrenci D2 elektronların dalga olmalarını ışıma yapmalarına bağlarken, D10 öğrencisi çift yarıktaki girişim deneyine dayandırmıştır. Öğrencilerin fikirlerini daha detaylı inceleyebilmek için öğrencilerden D2'nin ön görüşme kayıtlarına bakılmıştır. Öğrencinin görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dokuzuncu soruda elektron için hangisi doğrudur?

D2: Emin olmadan yaptım aslında. Hem dalga hem de parçacıktır diye düşünüyorum. Çift yarıktaki deneyleri elektronda da aynı şekilde gerçekleşir. Yarıklardan geçip parçacık özelliği gösterir. Dalga özelliği de yerini tam olarak bilememizle alakalı olabilir.

Araştırmacı: Elektronun yeri tam olarak bilinemez mantığından mı dalga olduğunu anlıyorsun.

D2: Evet

Araştırmacı: Elektronların dalga ya da tanecik özelliği gösterdiğini düşündüğün başka olaylar var mı?

D2: Aslında fotoelektrik olayda elektronlar kopuyorlar ve tanecik olarak kopuyorlar...

Öğrenci D2 daha önce kimya dersinde izlediği bir simülasyondan yola çıkarak elektronların çift yarık deneyinde ışık ile aynı özellikleri göstereceğini belirtmiştir. Ancak elektronların çift yarık deneyinde parçacık özelliklerinin kanıtlandığına yönelik fikirlere sahiptir. Ayrıca elektronların yeri ve hızının aynı anda kestirilemez oluşunu elektronların dalga özelliğini kanıtladığını belirtmiştir. Ön görüşmedeki fikirleri açıklamalarına dayanılarak modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar kategorisine kodlanmıştır.

Ön testte öğrencilerin %12,5'i doğru seçeneğin işaretlendiği ancak bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D13: (D) Dalgadır çünkü ışıkla birlikte hareket edebiliyor. Parçacık olması da bir atom parçacıklarından biridir.

D18: (D) Atomun parçacıklarından biri de elektrondur.

D19: (D) Parça halinde bulunurlar. Dalgadır çünkü sürekli titreşim halinde olduğundan dalgadır.

D23: (D) Elektron bir parçacıktır. Atomun bir parçacığdır. Atomun etrafında dönen bir parçacıktır. Isıtıldığında ise etrafına ışık saçtığı için aynı zamanda bir dalgadır.

Öğrencilerin yanıtlarından doğru seçeneği işaretledikleri ancak seçeneğe ilişkin bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yapamadıkları anlaşılmıştır. Öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılan D23'e ait görüşme kayıtları aşağıda aktarılmıştır.

D23: Hem parça hem de dalgadır diyorum. Elektron atomun parçacıklarıdır. Elektronların enerjileri arttığında ışık saçar. Işık da dalga olduğuna göre elektron da dalgadır.

Araştırmacı: Elektronların dalga olduklarına ilişkin başka bir kanıtın var mı?

D23: Başka bir fikrim yok.

Öğrenci D23 elektronun parçacık olması atomun parçacığı olmasına bağlarken, dalga olmalarını da enerjisi artan elektronların etrafına ışık saçmasına dayandırdığı görülmektedir. Öğrenci işaretlediği seçeneğe ilişkin bilimsel geçerliliği olan açıklamalar yapamamıştır.

Ön testte öğrencilerin %77,5'i gibi büyük bir çoğunluğu B seçeneğini işaretleyerek elektronun parçacık olduğu yönünde yanıtlar vermiştir. Öğrenciler elektronların dalga ve parçacık özelliklerini gösterdiklerini kanıtlayan deneyler ile ilk defa 10.sınıf kimya dersinde karşılaşmış durumdadır. Ancak kimya dersinde kavramsal değişim yaşayamadıkları halen elektronun yalnızca parçacık olduğunu düşündükleri anlaşılmıştır. Öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıda aktarılmıştır.

D1: (B) Çift yarık deneyinde elektron parçacıkları kullanılıyor.

D3: (B) Bir kütlesi ve hacmi vardır. Parçacıktır.

D7: (B)Elektronlar parçacıktırlar, birleşerek atomu oluştururlar ve atom birleşerek maddeyi oluşturabilirler.

D8: (B) Elektronlar parçacıktır çünkü frekansları yoktur.

D9: (B) Atom maddenin en küçük yapıtaşısıdır. Ancak atomun yapısını elektron, proton ve nötron oluşturmaktadır. Bunun için elektronlar parçacıktır.

D12: (B) Elektron eksi yüklü ve çok küçük boyutlu bir parçacıktır.

D20: (B) Elektronun dalga olduğunu düşünmüyorum. Fakat parçacık olabilir. Ama elektron dalgalar halinde hareket ettiğini düşünüyorum. Işık gibi davranabiliyordur.

Öğrencilere gerek ilköğretim fen ve teknoloji gerekse lise kimya derslerinde sürekli olarak elektronların atom altı parçacıklardan biri olduğu söylenmektedir. Böylelikle elektronların dalga özelliğine dair zihinsel modellere sahip olmayan öğrenciler doğal olarak yukarıda örneklenen açıklamaları yazarak yanıt

vermektedirler. Öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılanlara ait görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dokuzuncu soruda elektron için hangisi doğrudur?

D1: Elektron bence parçacıktır. Çünkü atomun parçacıklarını söylediğimizde elektronları sayıyoruz.

Araştırmacı Bu bir söylem. Kanıt olarak gösterebileceğin bir olay var mı elektronların parçacık olduğu ile ilişkili?

D1: Elektron parçacıkları diyoruz.

Araştırmacı: Çift yarık deneyi elektronların parçacık olduğunu ispatlar mı?

D1: Evet ispatlar.

D1 öğrencisi elektronların parçacık olduğuna dair duyularından yola çıkarak açıklama yapmaya çalışmaktadır. Ancak elektronun parçacık olduğuna dair bilimsel bir kanıt gösterememiştir. D1 öğrencisinin ön test yanıtındaki çift yarık deneyinin elektronların parçacık olduklarına kanıt gösterilebileceği yönündeki fikrini ön görüşmede de savunduğu görülmüştür.

Araştırmacı: Dokuzuncu soruda elektron için hangisi doğrudur?

D4: Ben bu soruda biraz kararsız kaldım ama sanırım hem dalga hem parçacık demiştim. Neden öyle demiştim...Oradaki cevabımı öğrenebilir miyim?

Araştırmacı: Parçacıktır demişsin.

D4: Ben neden şimdi böyle düşündüm o zaman. Sanırım ışıkla ilgili soru ile ilgili yanıtımı hatırladım. Elektronlar geçen yıl kimya dersinde çift yarık deneyinden bahsetmiştim. Ona benzer bir deney hatırlıyorum. Orada elektronların parçacık özelliği gösterdiğini duymuştum ama dalga özelliğini hiç duymadım.

Araştırmacı: Çift yarık deneyi elektronlarla mı yapılıyor? 3.soruda ışıkla yapılıyor demiştin.

D4: Hayır ışıkla yapılıyordu. Mesela Milikanın Yağ Damlası deneyi. Orada elektronların parçacık olduğunu hatırlıyorum ama dalga olduğunu hiç duymadım.

Öğrenci D4 kimya dersinde izlediği animasyondaki çift yarık deneyinde elektronların parçacık olduklarının ispatlandığı yönünde fikirlere sahiptir.

Elektronların dalga özelliği göstermeleri gerçeğine yönelik bir zihinsel modele sahip değildir.

Ön testte öğrencilerin %2,5'i elektronların dalga ya da parçacık olamayacağı yönünde görüş bildirirken, öğrencilerin %2,5'i de soruya kodlanamaz yanıt vermiştir.

5.1.9.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim sonrasında uygulanan son testteki dokuzuncu soruya öğrencilerin %47,5'i bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D4: (D) Elektronlar çift yarık deneyinde dalga gibi davranırken gözlemci konulduğunda tanecik gibi davranır.

D20: (D) Parçacık özelliği gösterir. Çünkü belirli bir kütlesi vardır. Dalga özelliği gösterir. Çift yarık deneyinde görmüştük.

D21: (D) Elektronun dalga özelliğini gösteren deney çift yarık deneyidir. Compton olayında ise elektron ve foton tıpkı bir tanecik gibi saçılırlar.

Öğrenci D4 çift yarıktaki elektronların girişimi deneyini örnek vererek elektronların dalga özelliği göstermelerini açıklamaktadır. Ayrıca elektronun hangi yarıktan geçtiğini belirlemek için ölçüm cihazı konulması ile elektronun parçacık özelliği göstereceğini belirtmiştir. Öğrenci D20 elektronun kütlesi olması nedeniyle parçacık, çift yarık deneyindeki davranışı ile dalga özelliği gösterdiğini ifade etmiştir. Öğrenci D21 de çift yarık deneyinin elektronların dalga özelliği göstermelerinin bir sonucu olduğunu, ayrıca Compton Olayında elektronların ve fotonların tanecik gibi saçıldıklarını belirtmiştir. Öğrencilerin yanıtlarının farklılık göstermekle bilimsel olarak tam doğru oldukları görülmüştür.

Öğretim sonunda yapılan görüşmelerde kullanılan görüşme formunda öğrencilere elektronlar ile ilgili farklı bir fiziksel durum içinde soru yöneltilmiştir. Son görüşmede öğrencilere Şekil 5.54'de görülen çift yarık düzeneği verilmiş (Şekil

1), belirli bir süre beklendiğinde ekranda girişim modeli (Şekil 2) oluştuğu belirtilmiştir. Öğrencilerden verilen fiziksel durumu açıklamaları istenmiştir.



Şekil 5.54: Son görüşme formundaki elektronların ikili doğası ile ilgili soru.

Son görüşmede yöneltilen soruya karşı öğrencilerin çift yarık deneyinde elektronların dalga özelliği gösterdiklerini vurgulamaları beklenmektedir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerden kendisi ile son görüşme yapılanlara ait görüşme diyalogları aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: Deneyde elektronları çift yarığa gönderildiği bir deney görüyoruz. Belirli bir süre beklendiğinde ekranda Şekil 2 de görülen desenin oluştuğunu görüyoruz. Bu durum nasıl açıklanabilir?

D4: Şimdi elektron tek yarıktan geçerken tek çizgi oluşturuyor. Çift yarığa gönderildiğinde elektron sanki bir dalga özelliği gösteriyor. Kesikli kesikli olduğu görülüyor. Bu durum da bizlere elektronların dalga özelliği gösterdiğini kanıtıyor.

Ön testte elektronların parçacık olduğuna yönelik fikirlere sahip olduğu anlaşılan Öğrenci D4 yapılan öğretim ile kavramlarını bilimsel olanı ile değiştirmiştir. Öğrenci son testteki yanıtında olduğu gibi kendisi ile yapılan son görüşmede de elektronların dalga özelliği gösterdiği çift yarık deneyini başarı ile açıklamıştır.

D20: Elektronların belirli bir dolaştığı yörünge yoktur. Elektron çift yarığa salındığında elektronlar dalga özelliği gösteriyorlar. Işığın çift yarığa verdiği desenin aynısı elektronlarda da oluşuyor.

Öğrenci D4'de olduğu gibi ön testte elektronun parçacık olduğu yönünde yanıt veren öğrenci D20 son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir.

Ön testte öğrencilerin %2,5'i D seçeneğinin işaretlendiği ancak yanıtın kısmen doğru olduğu yanıtlar vermiştir. Öğrencinin yanıtı aşağıda aktarılmıştır.

D27: (D) Elektron hem dalga hem de parçacıktır özelliği gösterir. Çift yarık deneyinde tek yarığa parça, çift yarığa dalga özelliğini gösterir.

Öğrenci tek yarığa elektron kırınımı deneyinde elektronları parçacık özelliği gösterdiğini belirtmiştir. İşlenen konunun odağından uzak ve daha çok kırınım - girişim konularına ilişkin hatalı bir açıklama olduğundan öğrencinin yanıtı kısmen doğru olarak kodlanmıştır. Bununla birlikte D27 öğrencisi doğru seçeneği işaretleyip, elektronların çift yarık deneyinde dalga özelliği gösterdiklerini ifade etmiştir.

Öğrencilerin %2,5'i D seçeneğinin işaretlendiği ancak seçeneğe ilişkin herhangi bir açıklamanın yapılmadığı türden yanıt vermiştir. Genel olarak bakıldığında öğrencilerin %52,5'i son testteki elektronların ikili doğası ile ilgili dokuzuncu soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir.

Son testte öğrencilerin %17,5'i doğru seçenek olan D seçeneğinin işaretlendiği ancak ilgili açıklamaların bilimsel olarak kabul edilemez türden olduğu yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D1: (D) Heisenberg deneyinde elektronların dalga özelliği gösterdiğini görüyoruz.

D5: (D) Madde taneciği olduğu halde dalga özelliği de gösteriyor.

D10: (D) Parçacık ama dalga özelliği de gösteriyor.

D15: (D) Atomun alt parçası olduğu için parçacıktır. Ayrıca dalga özelliği gösteriyor.

D31: (D) Deneyden deneye durumları farklılık göstermiştir.

Öğrencilerin yanıtlarından doğru seçeneğe ilişkin bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yapmadıkları ya da yapamadıkları anlaşılmaktadır. Kendisi ile son görüşme yapılan öğrencilerin kayıtlarındaki diyaloglar kavramsal değişim düzeylerini daha iyi betimleyebilmek için aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Çift yarık düzeneğine elektronları gönderiyoruz. Zamanla Şekil 2'de görülen desen oluşuyor.

D1:Elektronların dalga özelliği gösterdiğini anlıyoruz. Girişme modeli oluşuyor dalgalardaki gibi o nedenle elektronlar dalga özelliği gösteriyor.

D1 öğrencisinin son testte nitelik bakımından zayıf yanıt verdiği gerçekte elektronların dalga özelliği gösterdikleri gerçeğinin çift yarık deneyi ile ispatlanabileceğinin farkında olduğu kendisi ile yapılan son görüşmede ortaya çıkarılmıştır.

D31: Burada aslında dalga özelliği gösteriyor. Bu yarıklardan elektronların geçmesi olasılıklara dayalı idi. Yarıkların birinden ya da ikisinden de geçebiliyordu. Ama sonuç olarak burada elektron dalga özelliği göstermiş.

Araştırmacı: Dalga özelliği göstermiş olmasını neye dayandırıyorsun?

D31: Su ve ışık da olduğu gibi belirli yerlere çarpıyor belirli yerlere çarpıyordu.

D1 öğrencisinde karşılaşılan durumun benzeri öğrenci D31'de de görülmüştür. Öğrencinin yanıtı "deneyden deneye farklılık gösterir" şeklinde nitelik bakımından zayıf bir ifade iken öğrenci son görüşmede çift yarık düzeneğinde elektronların dalga özelliği gösterdiklerini belirtmiştir. Böylelikle D1 ve D31 öğrencilerinin son görüşmede verdikleri yanıtlar kısmen doğru olarak kodlanmıştır.

Son testte öğrencilerin %2,5'i A seçeneğini işaretleyerek elektronların dalga olduğu yönünde yanıt vermiştir. Öğrencinin yanıtı aşağıda aktarılmıştır.

D14: (A) Çift yarık deneyi yaptığımızda elektron dalga özelliği gösteriyor.

Yanıtındaki ifadelerden öğrencinin kavramsal değişimi zayıf olarak yaşadığı görülmektedir. Ön testte elektronların parçacık olduğuna yönelik yanıt veren D14, çift yarık deneyi ile ilgili eksik çıkarım yaparak son testte elektronların yalnız dalga olduklarını ifade etmiştir.

Son testte öğrencilerin %25'i B seçeneğini işaretleyerek elektronların parçacık olduklarını ileri süren açıklamalar yapmıştır. Öğrencilerin son testte verdikleri yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D2: (B) Elektron parçacıktır. Dalga özelliği gösterdiğini kanıtlayacak bir olay yoktur.

D12:(B) Elektron çok küçük bir kütleye sahiptir ve bir parçacıktır. Işığı çok yakın hızlara ulaşabildiği için ışık gibi dalga özelliği gösterdiği yerler vardır ancak taneciktir.

D11: (B) Elektron atom altı parçacıktır.

D19: (B) Çünkü elektronu biz hep tanecik olarak gördük. Elektronun kütlesi vardır ondan dolayı taneciktir.

D28: (B) Elektronun bir kütlesi vardır.

D29: (B) Elektronlar parçacıklardır. Protonun yeri artı yükün çekmesi sonucu atomun etrafında dolanırlar.

Öğrencilerin, elektronların dalga özelliği göstermesiile ilgili öğretim aşamalarından olumlu yönde etkilenmedikleri görülmüştür. Öğrenciler genellikle elektronun parçacık olmasına kanıt olarak bu zamana kadar elektronların atom altı parçacık olarak söylenmesini ve elektronların kütleyle sahip olmalarını göstermiştir. Elektronların parçacık oldukları yönünde yanıt veren öğrencilerin son görüşme kayıtları aşağıda aktarılmıştır.

D2: Burada dalga modeli etkili olabilir. Su dalgalarındaki gibi bir birine benziyor. Fotonun dalga özelliği göstermesi gibi.

Araştırmacı: Foton değil elektron gönderiliyor.

D2: Demek ki elektron dalga özelliği gösteriyor. Madde dalgalarından kaynaklanabilir.

Öğrenci D2 elektronların girişimi deneyini gördüğünde elektronların dalga özelliği göstereceğini ifade etmiştir. Ancak yukarıda verilen son test yanıtında elektronların dalga özelliğine kanıt gösterilebilecek bir olayın bulunmadığını belirtmiştir. Öğrencinin zayıf kavramsal değişim yaşadığı görülmüştür. Ayrıca öğrencinin çift yarıқта elektrona ait madde dalgalarının girişim yaptığı yönünde fikirlere sahip olduğu görülmüştür.

Araştırmacı: Dokuzuncu soruyu okuyup yanıtlayabilir misin?

D12: Bunu az öncede söylemiştim elektronlar da atom altı parçacık olduğundan çok küçük olduğundan aynı bir foton gibi davranıp dalga özelliği gösterip girişim yapıyorlar. Aynı ışıktaki olduğu gibi girişim deseni oluşturuyor. Bu da elektronların aynı ışıktaki gibi girişim yaptığını gösterir.

Öğrenci D12'nin dokuzuncu soru ile ilgili son görüşmedeki yanıtı yukarıda görülmektedir. Öğrencinin son testte elektronun yalnızca parçacık olduğu yönünde yanıt verdiği ancak görüşme formunda verilen çift yarıq deneyinde elektronların dalga özelliği gösterebildiklerini ifade ettiği böylelikle kavramsal değişimi zayıf olarak yaşadığı görülmüştür.

Son testte öğrencilerin %2,5'i E seçeneğini işaretleyerek elektronların dalga ya da parçacık olamayacakları yönünde açıklamalar yapmıştır.

5.1.9.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Gecikmiş son testte öğrencilerin %50'si MFKT'deki dokuzuncu soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerin yüzdesinin son testte göre artış gösterdiği görülmüştür. Öğrencilerin %7,5'i soruya D seçeneğinin işaretlendiği kısmen doğru yanıtlar vermiştir. Ayrıca öğrencilerin %5'i de D seçeneğinin işaretlenip açıklama yapılmayan yanıtlar vermiştir. Genel olarak bakıldığında öğrencilerin %62,5'i gecikmiş son testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Elektronun ne olduğu ile ilgili bir sorumuz vardı. Sen hem dalga hem de parçacıktır demişsin. Neden bu şekilde yanıtladın?

D4: Hep çift yarık deneyi aklıma geliyor. Çift yarık deneyinde gözlemci konulmadan önce sanki bir dalga modeli oluşturuyordu. Gözlemci konulduğunda yine bir parçacık gibi davranıyordu.

Araştırmacı: Ön testte parçacıktır demişsin.

D4: Ön testte birşey bilmiyordum. Şimdi düzelttim. Ya da umarım düzeltilmiştir.

Araştırmacı: Elektronların dalga ya da tanecik özelliği gösterdiği başka olaylar biliyor musun?

D4: Örneğin Compton Olayında foton ve elektron saçılıyordu. Foton tanecik özelliği gösteriyordu elektrona enerji aktarıyordu. Elektron da bu deneyde tanecik özelliği gösteriyor denilebilir.

Ön testte elektronların yalnız parçacık olduğu yönünde yanıt veren öğrenci D4 son test ve görüşmede ayrıca gecikmiş son test ve görüşmede de bilimsel olarak tam doğru yanıt vererek kavramsal değişimi güçlü olarak yaşadığını göstermiştir. Öğrencinin görüşmede soruyu yanıtlarken öğretim aşamasında izletilen bir animasyondan örnek verdiği görülmüştür. Görüşme diyaloglarında görüldüğü gibi animasyon öğrencinin zihninde kalıcı bir etki oluşturmuştur.

Araştırmacı: Dokuzuncu soruda elektronlar için hangisi doğrudur?

D9: Hem dalga hem parçacıktır dedim.

Araştırmacı: Öğretim öncesinde parçacık demişsin. Öğretim sonrasında hem dalga hem de parçacık diyorsun.

D9: Örneğin fotoelektrik olayda foton elektronu koparır ve fırlatır. Burada elektron bir parçacık gibi fırlar. Ancak ışıktaki olduğu gibi elektronlar çift yarığa gönderildiğinde girişim modeli oluşur. Bu da elektronların dalga özelliği gösterdiğini kanıtlar.

Öğrenci D9 ön testte elektronların parçacık olduğu yönünde yanıt vermişken son test ve gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrenci elektronların ikili doğasına ilişkin kavramsal değişimi bilimsel görüşe doğru yaşamıştır.

Doğru seçeneği işaretleyerek açıklama yapmadan yanıt veren öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılan D1 öğrencisine ait görüşme diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Gecikmiş son testte hem dalga hem de parçacıktır demişsin ancak bir açıklama yapmamışsın.

D1: O sıra bir şey hatırlayamadım.

Araştırmacı: Son testte Heisenberg deneyinde dalga özelliği gösterdiğini gördüğümüzü söylemişsin.

D1: Dalga özelliği...

Araştırmacı: Ön testte parçacıktır, çift yarık deneyinde elektronların parçacık olduğunu kanıtlar demişsin.

D1: Hepsinde yarım yarım olmuş. Çift yarık deneyinde parçacık özelliği gösteriyor...

D1 öğrencisi elektronların hem dalga hem de parçacık oldukları konusunda fikre sahipken buna ilişkin bilimsel açıklamalar yapamamıştır. Öğrenci konu ile ilgili zayıf kavramsal değişim yaşamıştır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i doğru seçeneğin işaretlendiği ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen açıklamalar içeren yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda aktarılmıştır.

D39: (D) Elektron altın levha deneyinde dalga ve parçacık özelliği gösterir.

D40: (D) Altın levha deneyi elektronun parçacık özelliğini gösterir.

Öğrencilerin kavramsal değişim yaşayamadıkları modern fizik kavramlarına ilişkin kavram yanılgılarına sahip oldukları verdikleri yanıtlardan açıkça görülmüştür. Altın levha deneyi ile elektronlar arasında bilimsel olarak hiç bir bağlantı yokken öğrenciler elektronların doğasına ilişkin sorulan soruya altın levha deneyi ile ilişkilendirme yaparak yanıt vermiştir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %30'u B seçeneğinin işaretlendiği ve elektronların parçacık olduğu yönünde yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D2: (B) Elektron atom altı bir parçacıktır. Parçacık özelliği gösterir. Ancak dalga özelliği göstermesi ile ilgili deneysel veri yoktur.

D10: (B) Elektron parçacıktır. Atomun alt birimlerindedir. Kütlesi olan bir parçacıktır.

D11: (B) Deneylerde parçacık özelliği gösterir.

D12: (B) Elektron en küçük parçacıktır. Kütlesinin çok az olmasından dolayı hızı bir maddenin ulaşabileceği en üst sınırdır. Bundan dolayı ışık gibi davranır ama maddedir.

D18: (B) Elektronlar atom altı parçacıklardır. Parçacık özelliği gösterirler.

Öğrencilerin gecikmiş son testteki yanıtlarından elektronların dalga özelliğine ilişkin bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimi yaşamadıkları anlaşılmıştır. Öğrencilerin tanıştırdıkları yeni ve bilimsel bilgiyi reddederek öğretim öncesindeki fikirlerini savunmaya devam ettikleri görülmüştür. Öğrencilerin kavramsal anlamalarını detaylı olarak incelemek için gecikmiş son görüşme diyaloglarına bakılmıştır. Öğrencilere ait gecikmiş son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Dokuzuncu soruda elektronlar için hangisi doğrudur?

D2: Bence elektron tam emin olmamakla birlikte parçacıktır. Elektronun dalga özelliği gösterdiği her hangi bir deneysel veri yoktur.

Araştırmacı: Sınıf içinde elektronların dalga özelliği göstermesi ile ilgili bir çalışma yapıldı mı?

D2: Hayır hatırlamıyorum.

Öğretim öncesinde elektronların hem dalga hem de parçacık oldukları yönünde kısmen doğru yanıt veren Öğrenci D2 ilginç bir şekilde öğretim sonrası uygulanan son test ve gecikmiş son testte elektronların parçacık olduğu yönünde yanıt vermiştir. Gecikmiş son testte öğrenci elektronların parçacık olduklarına ilişkin yanıtını yinelemiş ve öğretim aşamalarında elektronların dalga özelliği ile ilgili bir bölümün yer almadığını ifade etmiştir.

Araştırmacı: Elektronun ne olduğu ile ilgili soruya nasıl yanıt veriyorsun?

D12: Elektronun parçacık olduğunu düşünüyorum. Bildiğim kadarıyla evrendeki en küçük madde kütlesindeki azlıktan dolayı ışık gibi özellik gösteriyor.

Elektron kütleyle sahip olduğundan parçacık olduğunu düşünüyorum.

Araştırmacı: Seçeneklerdeki dalga ile ilgili durumlar için ne düşünüyorsun?

D12: Çift yarık deneyinde elektron da aynı ışık gibi yarık bir iken tek bir çizgi yarık çiftken kesikli çizgiler oluşturuyor. Ama bu onun ışık gibi çok yüksek hızlara sahip olabilmesinden kaynaklanıyor. Yüksek hızla gittikçe ışık gibi davranıyor.

Araştırmacı: Işığa dalga özelliği yüklemiyorsun.

D12: Evet. Yüksek hızlarla gidebildiği için ışık gibi davranabiliyor.

Öğrenci D12 elektronların dalga özelliği gösterebileceklerini ancak bu durumun elektronların ışık hızına yakın hızlarda hareket edebilmelerinden kaynaklandığını düşünmektedir. Öğrenci D2'den farklı olarak öğrenci D12, bilimsel bilgiyi bütünüyle reddetmemiş ancak bilimsel görüş ile kendi görüşünün bir sentezini yaparak melez bir model üretmiştir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %2,5'i E seçeneğini işaretleyerek elektronların ne dalga ne de parçacık olamayacakları yönünde yanıt vermiştir. Öğrencinin yanıtı aşağıda aktarılmıştır.

D35: (E) Yapılan deneylerde elektronları bazı durumlarda dalga bazı durumlarda parçacık gibi davrandığı görülür. Ama hala kesin manada bir cevap bulunamamıştır.

5.1.9.4 Tartışma

MFKT'nin ön test olarak uygulanmasının ardından yapılan analizler öğrencilerin %5'inin elektronların hem dalga hem de parçacık oldukları yönünde bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir yanıtlar verdiklerini göstermiştir. Ayrıca öğrencilerin %12,5'i doğru seçeneğin işaretlendiği ancak açıklamaların doğru olmadığı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Yapılan ön görüşmeler her iki kategoride yanıt veren öğrencilerin kavramsal anlamalarının bilimsel görüşle uyum içinde olmadığını göstermiştir. Örneğin Öğrenci D2 daha önce kimya dersinde izlediği bir animasyondan yola çıkarak elektronların çift yarık deneyinde ışık ile aynı özellikleri göstereceğini belirtmiştir. Ancak görüşmenin ilerleyen bölümlerinde çift yarık deneyinde elektronların parçacık özelliklerinin kanıtlandığına yönelik fikirlere sahip olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca elektronların yeri

ve hızının aynı anda kestirilemez oluşunu elektronların dalga özelliğini kanıtladığını belirtmiştir.

Ön testte öğrencilerin %77,5'i gibi büyük bir çoğunluğu elektronların parçacık oldukları yönünde yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin Öğrenci D2 ile aynı animasyonu izlemelerine rağmen elektronun ikili doğasına ilişkin kavramsal değişim yaşayamadıkları görülmüştür. Öğrencilerin elektronun parçacık olduğu yönünde yanıt vermelerindeki en büyük neden olarak, o zamana kadar elektronların sürekli olarak atom altı parçacıklar olarak tanımlanması gösterilebilir. Ön testten elde edilen bulgular bölümünde detayları görülen yanıtların çoğunda "elektron parçacıktır çünkü kütlesi vardır", "elektron parçacıktır çünkü bu zamana kadar hep atom altı parçacık olarak öğrendik", "elektronlar çekirdeğin etrafında dönen parçacıklardır" şeklinde ifadeler rastlanmıştır. Aslına bakıldığında öğrencilerin yanıtlara yine zihinlerindeki klasik fiziğe dayalı modellerine dayanmaktadır. Görüldüğü gibi bu klasik fiziğe dayalı yapılar zihinlerinde öylesine güçlü kökler salmıştır ki öğrenciler 10.sınıf kimya dersinde izledikleri animasyondaki çift yarıktaki elektronların girişimi deneyi ile elektronun dalga özelliği göstermesini ilişkilendirememiştir. Bununla birlikte öğrencilerden çift yarıktaki girişim deneyinde elektronların parçacık özelliği gösterdiklerini ifade eden öğrenciler de bulunmuştur.

Öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin %52,5'i dokuzuncu soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Analizde ortaya çıkan bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdelerinin önceki sorulara göre düşük düzeyde olduğu görülmüştür. Bu durum konunun soyut ve anlaşılmasının zor olmasına bağlanabilir.

Öğrencilerin %17,5'i soruya doğru seçeneğin işaretlendiği ancak açıklamaların bilimsel olarak kabul edilemeyeceği türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları iki alt bölümden oluşmuştur. Birinci grubun "elektronlar hem dalga hem de tanecik özelliği gösterir" şeklinde nitelik bakımından zayıf olan yanıtlardan oluştuğu görülmüştür. İkinci grubun ise "Heisenberg deneyinde elektronların dalga oldukları görülür" şeklinde kavram yanılığısı içeren açıklamalar içerdiği görülmüştür. Doğru seçeneğin işaretlendiği ancak kabul edilemez türden

yanıtlar kategorisinde yanıt veren öğrencilerin genellikle verilen fiziksel durumdan sonuç çıkarma becerileri ile ilgili sorun yaşadıkları görülmüştür.

Ancak özellikle belirtilmelidir ki; Tablo 5.18'de görüldüğü gibi son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrencilerin tümü son görüşmede yine tam doğru yanıt vermiş ayrıca son testte kabul edilemez türden yanıt veren D31 gibi öğrencilerden bazıları son görüşmede kabul edilebilir yanıt vermiştir.

Tablo 5.18: Görüşme yapılan öğrencilerin dokuzuncu sorudaki gelişimleri.

KATEGORİ	ÖN		SON		GECİKMIŞ SON	
	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D4,D9,D20, D21,D22,D23 D24,D25,D26	<u>D4,D9,D20</u> <u>D21,D22,D23,</u> <u>D24,D25,D26</u>	<u>D4,D9,D20</u> <u>D21,D22,D23</u> D31	<u>D4,D9,D20</u> <u>D21,D22,D23,</u> <u>D24,D25,D31</u>
A.2	D2			D1,D31	<u>D1,D16</u>	<u>D1,D26</u>
B.1	D23	<u>D2,D23</u>	D1,D16, D31	D2,D12, D16		
B.3	D1,D4,D9,D12 D16,D20,D21 D22,D24,D25 D26,D31	<u>D1,D4,D9,D12</u> <u>D16,D20,D21</u> <u>D22,D24,D25</u> <u>D26,D31</u>	<u>D2,D12</u>		<u>D2,D12</u>	<u>D2,D12,D16</u>

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim

Son testte öğrencilerin %25'i elektronların parçacık oldukları yönünde yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin zihnindeki elektronların parçacık olduğunu ilişkin güçlü yapıların kavramsal değişimlerini güçleştirdiği görülmüştür. Örneğin Öğrenci D2'nin "Elektron parçacıktır. Dalga özelliği gösterdiğini kanıtlayacak bir olay yoktur." şeklinde bir yanıt vermiş olduğu ayrıca son görüşmede de bu yanıtını savunduğu görülmüştür.

Elektronların ikili doğası konusunun öğretimi çelişkili olay ile başlamış, tartışmalar yapılmış, ardından taramalı elektron mikroskobu gibi günlük hayattan örnekler üzerinde açıklamalarda bulunulmuştur. Öğrenci D2 buna rağmen elektronların dalga özelliği gösterdiği bir durumun olmadığını ifade edebilmiştir.

Öğrencilerin kavramsal değişimi gerçekleştirmelerinde kavramsal değişimi istemelerinin önemi Öğrenci D2 ile yapılan görüşmede ortaya çıkarılmıştır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %50'si tam ve %12,5'i kısmen doğru olmak üzere toplam %62,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Son testteki bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdelerinde gecikmiş son testte bir artış olduğu görülmüştür. Daha önceden belirtildiği gibi öğretim üzerinden geçen zaman Tablo 5.18'de görülen D31 gibi öğrencilerde kavramsal değişim için olumlu etki yapmıştır. Öğrenci D31'in son testten gecikmiş son görüşmeye doğru gidildikçe kategorilerde yükselerek en son bilimsel olarak tam doğru yanıt verdiği görülmüştür.

Ayrıca Tablo 5.18'deki son testten gecikmiş son görüşmelere kadar olan kategorilerdeki altı çizili öğrencilerin sayısı öğretimin elektronların ikili doğasına ilişkin bölümlerinin kavramsal değişimi güçlü olarak sağladığını göstermiştir. Ayrıca öğrencilerin ön test ve görüşmelerdeki kategorilerine bakıldığında öğretimin kavramsal değişimi sağlamada başarılı olduğunu açıkça görülmüştür.

Bununla birlikte öğretimin bilimsel görüşe doğru kavramsal değişime ikna edemediği öğrenciler de görülmüştür. Örneğin öğrenci D2'nin son görüşmede ifade ettiği "elektronların dalga özelliğini gösterdiğine dair deneysel bir veri yoktur" fikrinde gecikmiş son test ve görüşmede de ısrarcı olduğu görülmüştür. Öğrenci elektronları atom altı parçacıklardan biri olduğunu ifade etmiştir. Öğrencinin bu şekilde yanıt vermesi konunun öğretimi esnasında kendi kavramlarından yeterince hoşnutsuzluk duymamasıyla açıklanabilir. Öğretim aşamalarında sunulan çelişkili olayın öğrencilerde yeterince hoşnutsuzluk oluşturmadığı düşünülmüştür.

Benzer biçimde öğrenci D12 elektronların çift yarık deneyinde girişim yaptıklarını vurgulamış ancak bunun nedeni olarak ışık gibi hızlı hareket etmelerini bu nedenle ışık gibi davranmaya başladıklarını ileri sürmüştür. Öğrenci elektronların ışık gibi davranarak girişim yaptıklarını ancak bunun bir dalga özelliği olarak görülemeyeceğini belirtmiştir. Öğrenci bilimsel bilginin bir kısmını alıp kendi görüşü ile birleştirerek melez bir model oluşturmuştur.

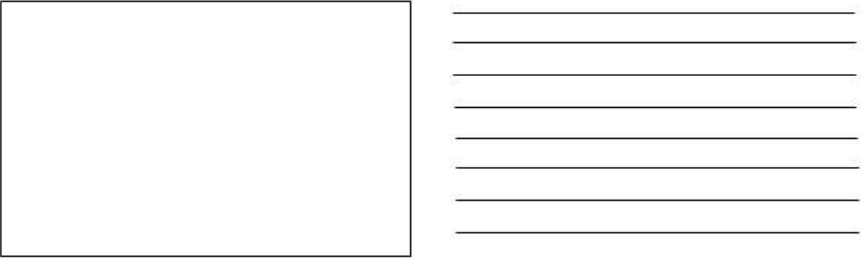
Gecikmiş son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren D16 öğrencisinin gecikmiş son görüşmedeki yanıtının bilimsel olarak kabul edilemez olduğu Tablo 5.18'de görülmektedir. Öğrenci gecikmiş son görüşmede araştırmacının elektronların dalga özelliği gösterdiği başa durumların olup olmadığını sorması üzerine altın levha deneyini işaret etmiştir. Görüldüğü gibi altın levha deneyi bu soruda da zayıf kavramsal değişim yaşayan öğrencileri olumsuz etkilemektedir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i D seçeneğini işaretleyerek bilimsel olarak kabul edilemeyen açıklamalar ile yanıt vermiştir. Öğrencilerin Rutherford'un altın levha deneyinde elektronların dalga özelliği gösterdiğine yönelik fikirlere sahip oldukları görülmüştür. Bu durum sonuç ve öneriler kısmında ayrıca tartışılacaktır.

5.1.10 MFKT'deki 10. Soruya İlişkin Bulgular

MFKT'deki modern atom teorisine ait orbital kavramı ile ilgili olarak sorulan 10. soru Şekil 5.55'de görülmektedir. Öğrencilerden, verilen boş kutucuğa gerekli şekli çizerek ve bırakılan boşluğa orbital ile ilgili bildiklerini yazarak soruyu yanıtlamaları istenmiştir. Orbital kavramı için "Elektronun bulunma olasılıklarının en yüksek olduğu hacimsel bölgelerdir" şeklindeki açıklamaları içeren yanıtlar bilimsel olarak tam doğru kabul edilmiştir.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



Şekil 5.55: MFKT'deki orbital kavramı ile ilgili 10. Soru.

Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden uzun bir süre sonra uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki 10.soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.19 oluşturulmuştur.

Tablo 5.19'da görüldüğü gibi ön testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmazken, öğrencilerin %27,5'i orbital kavramı ile ilgili modern fiziğe dayalı ancak bilimsel olarak kabul edilemez türden açıklamalar içeren yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinde Modern Atom Modelini öğrendikleri ve bu öğretimden kalan bilgileri ile açıklama yaptıkları ön görüşmelerde ortaya çıkarılmıştır.

Tablo 5.19: MFKT'deki 10. Sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar			
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	15 (37,50)	18 (45,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	0	12 (30,00)	8 (20,00)
Ara Toplam 1	0	27 (67,50)	26 (65,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. Modern Atom Modeline Dayalı Yanıtlar	11 (27,50)	3 (7,50)	4 (10,00)
2. Melez (Hibrit) Yanıtlar	4 (10,00)	3 (7,50)	4 (10,00)
3. Bohr Atom Modeline Dayalı Yanıtlar	18 (45,00)	4 (10,00)	4 (10,00)
Ara Toplam 2	33 (82,50)	10 (25,00)	13 (30,00)
C. Kodlanamaz	7 (17,50)	2 (5,00)	0
D. YANITSIZ	0	1 (2,50)	2 (5,00)
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Yaptıkları açıklamalar Modern Atom Modeline dayansa da görüşleri derinlemesine incelendiğinde Modern Atom Modeline ilişkin bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları anlaşılmıştır.

Tablo 5.19'da görülen kategorilerden biri de melez yanıtlardır. Bu kategori genel olarak Modern Atom Modeli ile öğrencilerin zihninde güçlü kökleri olan Bohr Atom Modelinin birlikte kullanıldığı yanıtları içermiştir.

Tablo 5.19'da görüldüğü gibi ön testte öğrencilerin %45'i gibi büyük bir çoğunluğunun orbital kavramı sorulduğunda da yörünge çizimi yapıp, tamamen Bohr Atom Modelinin özelliklerine dayalı açıklamalar yaptıkları görülmüştür.

Tablo 5.19'da görüldüğü gibi son testte öğrencilerin %67,5'i, gecikmiş son testte de %65'inin soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür. Bu araştırmada uygulanan bilişsel çatışmaya dayalı öğretimin, öğrencilerin kavramsal değişim sürecinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğunu göstermiştir. Tablo 5.19'a ait detaylı bilgiler aşağıda başlıklar halinde verilecektir.

5.1.10.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim öncesinde uygulanan MFKT'deki 10.soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin daha önce kimya dersinde orbital kavramını öğrenmiş olmalarına rağmen soruya bilimsel olarak doğru açıklamalar yapamadıkları görülmüştür.

Ön testte öğrencilerin %27,5'i soruya modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Bu öğrencilerin genellikle orbital kavramının elementlerin elektron dizilimi yapılırken kullanılan bir yöntem olduğuna yönelik görüşleri bulunmaktadır. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklendirilmiştir.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.

s, p, d, f

s p d f

↓ ↓ ↓ ↓

2elektron 6elektron 10elektron 14elektron

Orbital vardır s,p,d,f dir

s orbitali en fazla 2 elektron, p orbitali en fazla 6 elektron, d orbitali en fazla 10 elektron, f orbitali en fazla 14 elektron alır. Orbitalerin spherik şekli:

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$

~~1s~~ ~~2s~~ ~~2p~~ ~~3s~~ ~~3p~~ ~~3d~~

~~4s~~ ~~4p~~ ~~4d~~ ~~4f~~

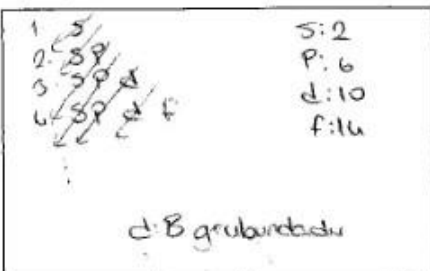
~~5s~~ ~~5p~~ ~~5d~~ ~~5f~~

~~6s~~ ~~6p~~ ~~6d~~

~~7s~~

Şekil 5.56: Öğrenci D6'nın ön testteki 10. soruya verdiği yanıt.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.

	<p>S: 2 P: 6 d: 10 f: 14</p> <p>d: B grubundadır</p>
---	--

S, P, d, f orbitalleri elektron kapasiteleri vardır. Katmanları ve elektronların yerlerini bulmaya yarar. Enerji katmanları kullanılmaya olabilir.

Şekil 5.57: Öğrenci D20'nin ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Öğrencilerin yanıtlarında, genel olarak elektronların orbitallere dizilimi ile ilgili açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Öğrenci D20 ile yapılan ön görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: s, p, d, f orbitallerinin elektron kapasiteleri vardır demişsin. Bu ne anlama geliyor?

D20: Orbitaller daha çok elektronların yörünge üzerinde nerede bulunabileceği ile ilgiliydi. Bu da enerji ile ilgili olabilir.

Araştırmacı: Yörünge'nin neresinde bulunacağı derken? Ne demek bu?

D20: elektronun en fazla bulunabileceği yer.

Araştırmacı: Az önceki soruda (altıncı soru) bir halka çizmiş ve bu halkaya orbital demiştin.

D20: Orbitaller katmanların üzerindedir. Katman da yörünge'dir. Kimyada düşünürsek. S p d f diye gidiyor. S hepsinde vardı. Sıralamaları değişiyor. Kısacası halkanın üzerinde elektronun en çok bulunduğu yere orbital diyebiliriz.

Araştırmacı: Burada sayılar var. S=2, p= 6 gibi. Bunlar nedir?

D20: Kapasiteleri onlar s orbitali 2 elektron alır?

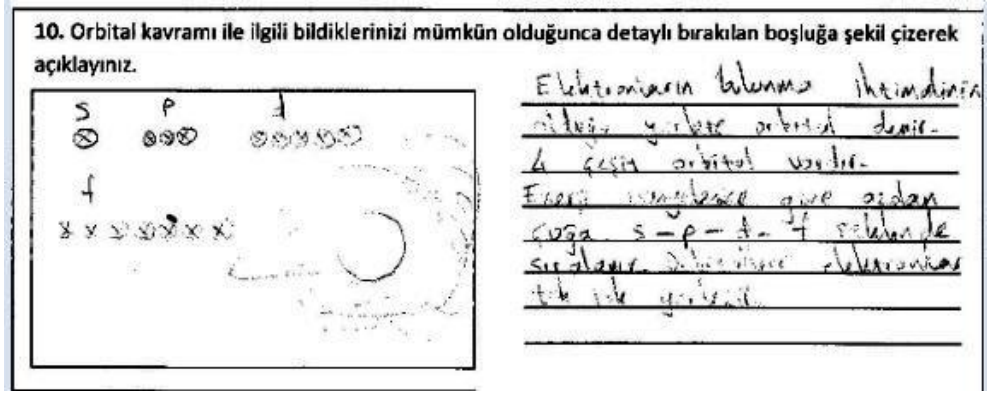
Araştırmacı: Neden belirli bir kapasitesi var?

D20: Kimya da öyleydi ama bilmiyorum.

Araştırmacı: Peki... $1s^2 2s^2 2p^6$ demişsin neden 1 de p yok?

D20: İşte bunlar elementlerin periyodik tablodaki yerlerini bulmaya yarar. Bilemiyorum...

Öğrenci D20, ön görüşme diyaloglarında görüldüğü gibi orbital kavramının elementlerin periyodik tablodaki yerlerini bulma amacıyla kullanıldığını belirtmiştir. Altıncı soruda olduğu gibi 10.soruda da orbitallerin elektronların yörünge üzerinde en sık buldukları yer olduğunu söylemiştir. Öğrenci orbital kavramı ve kuantum sayılarına yönelik bilimsel bir kavramsal anlamaya sahip değildir. Ön testte öğrencilerin %10'u melez yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin ön test yanıtları aşağıda örneklenmiştir.



Şekil 5.58: Öğrenci D2'nin ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Öğrenci D2 elektronların bulunma ihtimallerinin olduğu yerlere orbital denildiğini belirtmiş ve boş kutucuğa medyatik atom modeline dayalı şekil çizmiştir. Öğrenci D2'ye ait ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Orbital kavramından ne anlıyorsun?

D2: Orbital elektronun yerini tam olarak bilemediğimizden dolayı bulunma ihtimalinin fazla olduğu yerlere verdiğimiz isimdir. s p d f daha çok modellemeye dayanır. s orbitali en düşük enerjili orbitaldir. f ye doğru artarak enerji seviyeleri gider.

Araştırmacı: s de bir tane halka çizmişsin içindeki bu çarpılar ne anlama geliyor.

D2: İçindeki çarpılar yörünge demeyelim de ona orbitaldeki elektronları temsil ediyor. Bir orbitalde iki elektron bulunabiliyor.

Araştırmacı: Neden iki elektron bulunmasının nedeni nedir?

D2: Çekirdek diğerlerini çekim etkisine almış diğerlerini alamamış diyebiliriz. Çünkü çekirdeği düşündüğümüzde çekirdeğin hacmi atom hacmine göre çok küçük.

Diğer elektronlar serbest şekilde diğer orbitallerde dolarken, iki elektron çekirdeğin etkisine kapılıp orada kalmış olabilir.

Araştırmacı: Orbital ve yörünge diye iki kavramdan bahsettin. Nedir bunlar?

D2: Aslında aynı kavramı anlatmak için kullanılan modeller bunlar. Orbital biraz daha bilimsel daha genel geçer, yörünge biraz daha kolaylaştırmak için kullanılan bir model.

Araştırmacı: Orbitalin şeklini çizmişsin şekil üzerinde açıklama yapabilir misin?

D2: Elektronun yerini ve hızını tam bilemediğimizden dolayı elektron bulutunu temsil etsin diye iç içe geçmiş yörüngeler çizdim.

Araştırmacı: Orbital nerede?

D2: Orada her yerde bulunabilir. s çekirdeğe en yakın yerde bulunabilir. f de en uzak.

Araştırmacı: Hiç f den sonra s orbitali gelmez mi?

D2: Gelir aslında...

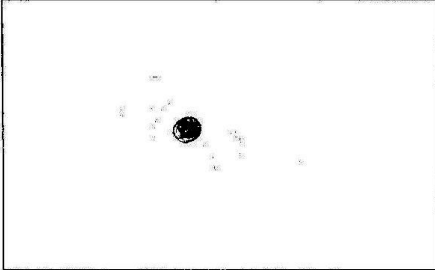
Araştırmacı: Bir elektronun yerini tam olarak bilemez miyiz?

D2: Yerini bilebiliriz ama hızını bilemeyiz, hızını bilirse yerini bilemeyiz. Heisenberg Belirsizlik İlkesi. Bu durumu da elektron bulutu olarak modelleyebiliriz.

Öğrenci D2 ön görüşmede orbital ve yörünge kavramını açıklamak için kullanılan modeller olduklarını belirtmiştir. Orbitalin daha bilimsel, yörünge kavramının ise daha kolaylaştırılmış bir model olduğunu ileri sürmüştür. Bir orbitalde neden iki elektronun bulabileceğine yönelik sorulara karşı kuantum sayılarına dayanan bir açıklama yapamadığı görülmüştür. Ayrıca görüşmenin son bölümlerinde Heisenberg'in Belirsizlik İlkesine ilişkin bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadığı da görülmüştür.

Öğrenci tıpkı Öğrenci D2'de olduğu gibi D10 öğrencisi de modern atom modeline dayalı açıklamalar yaparken atomun medyatik modeline ilişkin çizim yapmıştır. Öğrencilerin modern atom modeline ilişkin yapılan öğretimlerde yeterince tatmin olmayarak Bohr Atom Modelini kendi zihinlerinde biraz daha geliştirip özellikle atomun medyatik modeline dayanan çizimler yaptıkları düşünülmüştür.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.

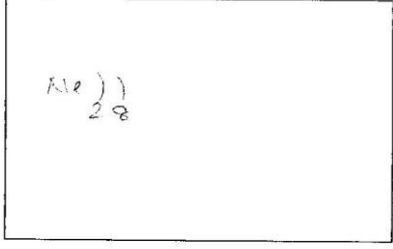


Elektronların bulunma ihtimalinin olduğu yerlere orbital denir. Elektronlar bu bölgelerde çekirdek kuvvetinde dönerler.

Şekil 5.59: D10 öğrencisinin ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Ön testte öğrencilerin %45'i gibi büyük bir çoğunluğu orbital kavramı ile ilgili 10.soruya Bohr Atom Modeline dayalı yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin ön testteki yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



Orbital elektronların geçtiği varsayılan eksenlerdir.

Şekil 5.60: D1 öğrencisinin ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Şekil 5.60'da görüldüğü gibi D1 öğrencisi orbital kavramının elektronların geçtiği varsayılan eksenler oldukları yönünde açıklama yapmıştır.

Şekil 5.61'da görüldüğü gibi öğrenci D4 orbital kavramını bir elementin atomuna ait elektron dağılımını yaparken kullanmakta, ancak orbitalleri elektronların üzerinde gezindikleri katmanlar olarak tanımlamaktadır.

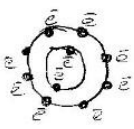
10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ gibi
açıklanmış yapılar.

Orbitaller elektronların
dışlıklarını farklı katmanlar
ve f katmanlarıdır. S, P, D
ve f harfleri ile isimlendirilir.
S orbitali en fazla 2
P orbitali en fazla 6, D
orbitali en fazla 10 elektron
alabilir.

Şekil 5.61: Öğrenci D4'ün ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



orbitaller elektronların dördüncü
yörüngeye ilk orbitallerde en
fazla 2 e bulunur. sonraki orbitallerde
en fazla 8 e bulunur.

Şekil 5.62: Öğrenci D9'un ön testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Şekil 5.62'da görüldüğü gibi öğrenci D9'un verdiği yanıt bütünüyle Bohr Atom Modeline dayanmaktadır. Öğrenci orbital kavramı, Heisenberg'in belirsizlik İlkesi, kuantum sayıları gibi konuları reddedip kendisine mantıklı gelen Bohr Atom Modeline inanmayı sürdürmektedir. Yanıtında görüldüğü gibi orbitalleri elektronların gezindikleri yörüngeler olarak tanımlamıştır.

Bohr Atom Modeline dayalı yanıtların alt grupları yukarıdaki yanıt örneklerinden açıkça görülmektedir. Örneğin D1 ve D9 gibi öğrenciler modern atom teorisini bütünüyle reddedip, orbital kavramının doğrudan yörünge kavramına eşit olduğunu savunmuştur. D4 gibi öğrenciler de orbital kavramını elementlerin elektron dağılımlarını yaparken kullanılan bir yöntem gibi algılamakta, şekil çizerken Bohr Atom Modeline dayanan çizimler yapmaktadır.

Ön testte öğrencilerin %17,5'i soruya kodlanamaz yanıt vermiştir. Öğrenciler konuya ilişkin herhangi bir açıklama yapmadan yanıt vermiştir. Aşağıda öğrencilerden birinin yanıtı örneklenmiştir.

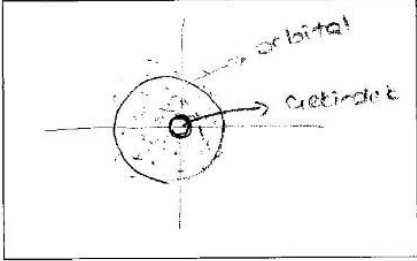
D19: Elektronların dizilişi genelde şekille değil de harflerle gösterilir.

Genel olarak bakıldığından ön testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamıştır. Öğrencilerin 10.sınıf kimya dersinde konuyu öğrenmiş oldukları halde bu kadar zayıf nitelikli yanıtlar vermiş olmalarının şaşırtıcı olduğu düşünülmüştür. Bu durumun nedeni olarak da kimya derslerinde yapılan öğretimlerde orbital kavramı üzerinde yeterince durulmamış olması, orbital kavramının periyodik cetvelin açıklanmasındaki rolü üzerinde daha çok durulması gösterilebilir. Bu duruma ilişkin yorumlar daha detaylı olarak tartışma bölümünde yapılacaktır. Aşağıda son testten elde edilen bulgular aktarılmıştır.

5.1.10.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Öğretim sonrasında uygulanan son testteki 10.soruya öğrencilerin %37,5'i bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



Elektronların çekirdek çevresinde bulunma olasılıklarının farklı bölgelere dağılımıdır.

Şekil 5.63: D1 öğrencisinin son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

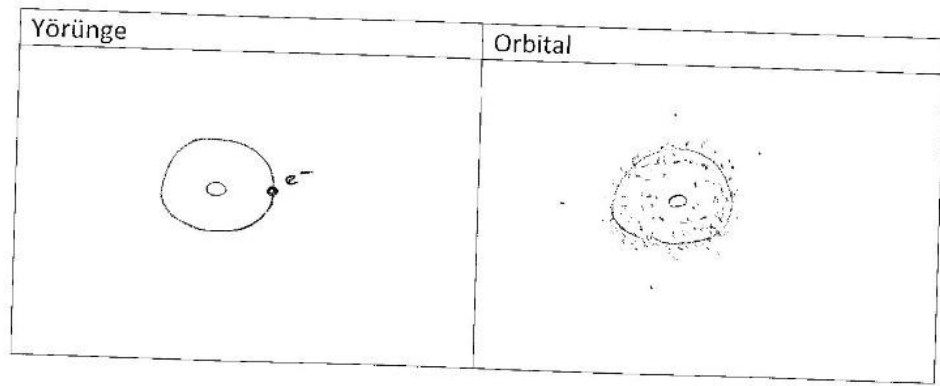
Ön testte Bohr Atom Modeline güçlüce dayanan açıklamalar yapıp şekiller çizen D1 öğrencisi öğretim sonrasında uygulanan son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Kimya dersinde orbital kavramı, orbital türleri, elektronların

orbitallere yerleşimi, orbitallere ait kuantum sayılarına ilişkin öğretim almasına rağmen öğretim öncesinde bilimsel görüşü reddeden D1 öğrencisi bu araştırmada kullanılan öğretim ile kavramlarını bilimsel olanı ile değiştirmiştir. Bu durum öğretimin bu öğrenciye yardımcı olma noktasındaki başarısını göstermiştir. Öğrenci ile yapılan son görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Orbital kavramı konusunda ne söyleyebilirsin?

D1: Orbitaller elektronların bulunma olasılıklarının en fazla bölgelerdir. Elektronların değişik zamanlardaki konumlarının en fazla olduğu yerler orbitalleri oluşturur.

Araştırmacı: Yörünge ve orbitali gösteren bir şekil çizebilir misin? (Son görüşmelerde gerekli görüldüğünde öğrencilerden çizimleri istenmiştir.)



Şekil 5.64: D1 öğrencisinin son görüşmedeki orbital ve yörünge ile ilgili soruya verdiği yanıt.

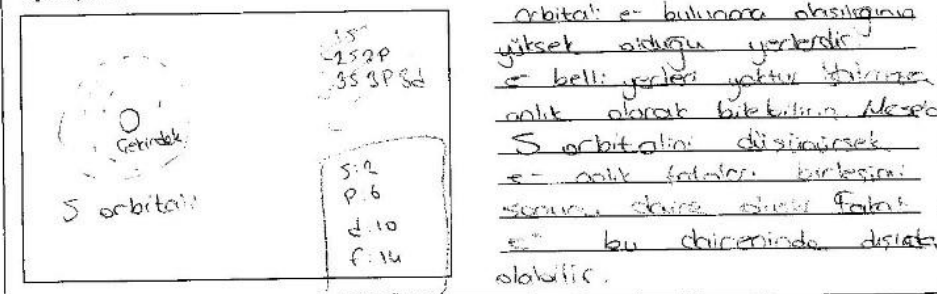
Araştırmacı: Bu bölge iki boyutlu bir disk şeklinde midir? Yoksa üç boyutlu mudur?

D1: Bence üç boyutludur. Hacimsel bir bölgedir.

Son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci D20'nin yanıtı aşağıda aktarılmıştır.

Ön testte Modern Atom Modeline dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci D20'nin son testteki yanıtından Modern Atom Modeline ilişkin kavramlarını bilimsel görüşe doğru değiştirdiği görülmüştür.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



Şekil 5.65: Öğrenci D20'nin son testteki 10. soruya verdiği yanıt.

Öğrenci bu araştırmada yapılan öğretim ile bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimi yaşamıştır. Öğrenci D20 ile yapılan son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

D20: Elektronların bulunma olasılığının yüksek olduğu yerlerdir.

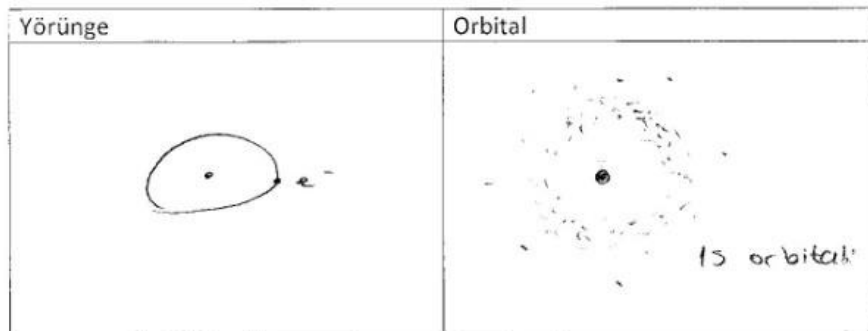
Araştırmacı: Orbital kavramı hangi mantık ile ortaya çıkmıştır.

D20: Shrödinger bahsetmiştir. Matematiksel işlemlere dökerek ortaya koymuştu.

Araştırmacı: Yörünge ve orbital kavramlarını tartışabilir miyiz?

D20: Farklı. Yörüngeden Bohr bahsediyor. Orbitalden Shrödinger bahsediyor. Yörüngede elektron sürekli bir yerde dolaşacak. Orbital de ise elektronların belli bir alan için olma olasılıklarının yüksek olduğu yer denilebilir.

Araştırmacı: Bana bir orbital ve yörünge şekli çizebilir misin?



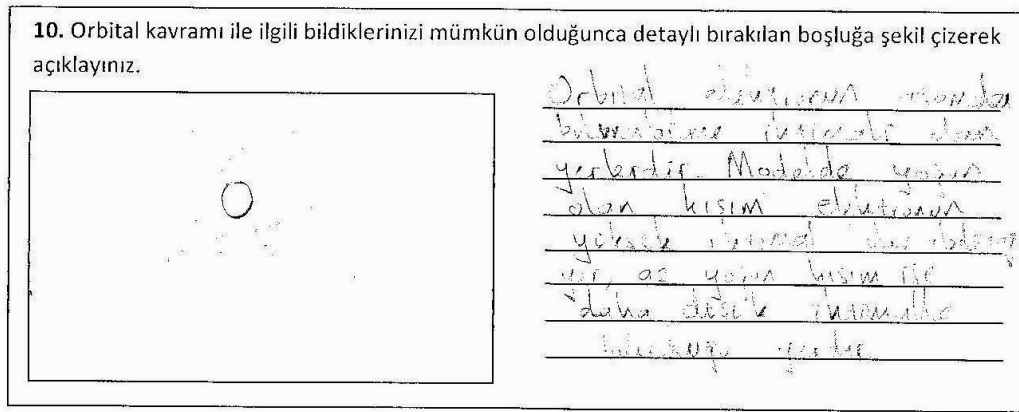
Şekil 5.66: Öğrenci D20'nin son görüşmede yörünge ve orbital kavramlarıyla ilgili yaptığı çizim.

Araştırmacı: Elektron bu kürenin neresinde?

D20: Bulunma olasılığının yüksek olduğu yerler bu küreyi oluşturuyor.

Son görüşme diyalogları öğrenci D20'nin kavramsal değişimi ne derece üst düzeyde gerçekleştirdiğini ortaya koymuştur.

Son testte öğrencilerin %30'u soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir. Öğrencinin şekli çizerken belirli bir biçim oluşturmadığı göze çarpmıştır. Ayrıca yanıtında orbital kavramını, "elektronların bulunma ihtimalinin yüksek olduğu yerler" şeklinde değil de "bulunma ihtimalinin olduğu yerler" şeklinde açıklamıştır.



Şekil 5.67: Öğrenci D2'nin son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Öğrencinin kavramsal anlama düzeyini daha detaylı incelemek için görüşme diyaloglarına bakılmıştır.

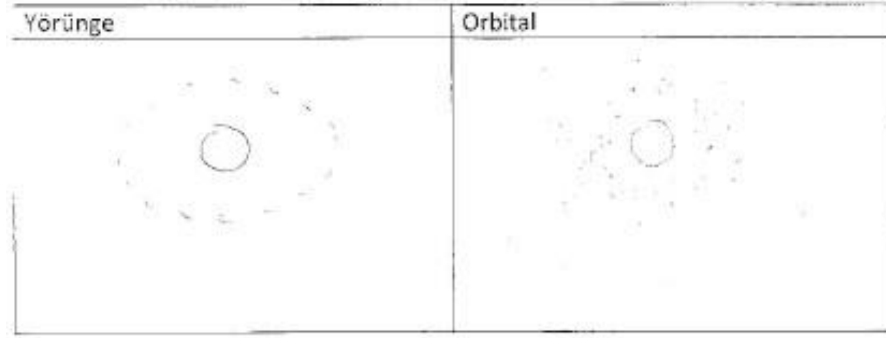
Araştırmacı: Orbital nedir?

D2: Elektronun atomun çevresinde bulunma ihtimali olan yerlerdir.

Araştırmacı: Orbital mantığını doğuran şey nedir sence?

D2: Heisenberg belirsizlik ilkesi bence. Tek yarıçap deneyinde kesit alanı küçültüldüğünde desenin genişlemesi. Yarıçap küçültüldüğünde hızı ile ilgili bilgimiz azalıyor. Konumu itibariyle bilinebilirlik özelliği belirgin oluyor. Bilinebilirlik özelliği artıyor.

Araştırmacı: Yörünge ile orbitali yan yana çizebilir misin?



Şekil 5.68: Öğrenci D2'nin son görüşmedeki soruya verdiği yanıt.

D2: Atomda yörünge olarak düşündüğümüzde gezegenlere çok benzer eliptik bir çizgi olabilir. Orbitalde ise elektronu çok kez fotoğrafladığımızda bulunma ihtimalinin olduğu yerler orbitali oluşturur. Belirli bölgelerde yoğunluk daha fazla oluyordu. Çekirdeğe yakın noktalarda yoğunluk artabiliyor.

Araştırmacı: Orbital bu şekilde nerede ben onu anlayamadım.

D2: Orbital bu çizdiğimiz yerlerde elektronun bulunma ihtimalinin olduğu yerleri gösteriyor.

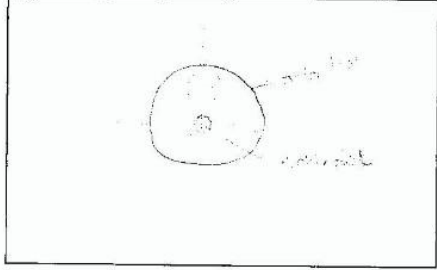
Araştırmacı: Kuantum sayılarını hatırlıyor musun?

D2: s p d f orbitalleri var. Hepsinin ayrı enerjileri var. Baş kuantum sayısı, manyetik kuantum sayısı vardı. Bir nevi enerji düzeyleri ile ilgili sayılar bunlar.

Ön testte ve görüşmede Modern Atom Modeline dayanan açıklamalar yapıp, atomun medyatik modeline ilişkin şekil çizen ve yanıtı melez olarak kodlanan öğrenci D2'nin son testteki yanıtı ön testteki medyatik model fikrini terk ettiğini göstermiştir. Son test yanıtı ve son görüşme yanıtlarının kısmen doğru olan öğrenci D2 bir nokta haricinde bilimsel olarak tam doğru kavramsal anlamaya sahiptir. Öğrenci elektronun değişik konum değerlerini küre oluşturacak şekilde çizmekte ancak belirli bir bölgede yoğunluk çizmemektedir. Araştırmacı son görüşmenin son bölümlerinde sonda sorular sormuş ancak öğrenci elektronların bulunma ihtimalinden söz etse de "bulunma ihtimalinin yüksek olduğu yerler" ifadesini kullanmamıştır.

Kısmen doğru yanıt veren başka bir öğrenci olan D4'ün son testteki 10.soruya verdiği yanıt aşağıda görülmektedir.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



Elektron bulutu çekirdek etrafında bulunur.
Elektron bulutu çekirdek etrafında bulunur.

Şekil 5.69: Öğrenci D4'ün son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Ön testte orbital kavramı ile ilgili Bohr Atom Modeline dayalı kabul edilemez türden yanıt veren D4'ün son testteki bilimsel olarak kısmen doğru yanıtında, öğrenci D2'de olduğu gibi elektronların değişik konum değerlerini belirli bir bölgede sıklaştırmadığı görülmüştür. Öğrencinin son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Orbital nedir? Yörünge nedir?

D4: Orbital elektronlarının bulunma olasılığının olduğu hacimsel küresel yapılardır. Orbital kavramını oluşturan mantık ise elektronların bulunma olasılığının olduğu hacimsel yerler dediysem... Orbitaller farklı enerji seviyelerindedirler. Yörünge deyince aklıma Bohr'un elektronu koyduğu çizgi geliyor. Başka bir şey gelmiyor.

Araştırmacı: Kuantum sayılarını duydun mu?

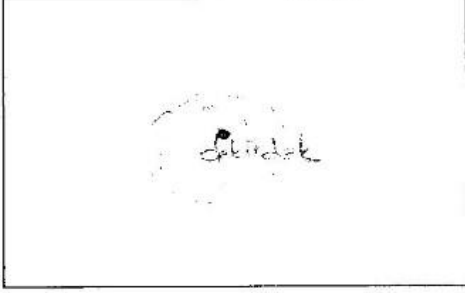
D4: Spin kuantum sayıları, manyetik kuantum sayısı. Aslında belli enerji düzeylerini ifade etmektedir. Bu sayılar nereden kaynaklanır. Bilmiyorum aslında. Aslında elektronların taşınma kapasitelerini ifade ediyor ve belirli enerji seviyelerini ifade ediyor bence.

Öğrenci D4'ün görüşme diyaloglarında da elektronların çeşitli konum değerlerinin herhangi bir noktada sıklaşmasına yönelik bir fikri olduğuna dair bir bulguya rastlanmamıştır. Öğrenci, orbital kavramının Heisenberg Belirsizlik İlkesine dayandığı konusunda ve kuantum sayıları ile ilgili tatmin edici açıklamalar yapamamıştır.

Son testte öğrencilerin %7,5'i Modern Atom Teorisine dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

"Elektronlar çekirdeğin etrafında dairesel bir şekilde döner. Bunu arka arkaya çekilen fotoğraflardan anlıyorduk". Şekil 5.70'da görüldüğü gibi öğrenci D9, Modern Atom Teorisine dayalı şekil çizmiş elektronların art arda fotoğraflanması ile bu şeklin oluşacağını belirtmiştir. Ancak elektronların bu şekli oluştururken dairesel hareketler yapacağını düşünmektedir. Oysaki Modern Atom Teorisine göre elektronun dairesel hareket yapmasına ilişkin bir veri bulunmamaktadır.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



elektronlar çekirdeğin etrafında
dairesel bir şekilde döner
Bunu arka arkaya çekilen
fotoğraflardan anlıyorduk

Şekil 5.70: Öğrenci D9'un son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Öğrenci ile yapılan son görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Orbital nedir?

D9: Bir elektronun bulunabileceği bir alandır.

Araştırmacı: Neye benzer bu alan?

D9: Çember şeklindedir. Ancak sınırları kesin değildir.

Araştırmacı: Yörüinge kavramı ile orbital kavramı arasında bir ayrım var mı?

D9: Aynı kavramlardır.

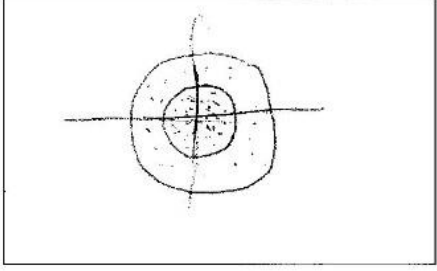
Araştırmacı: Kuantum sayılarını duydun mu?

D9: Orbitallerden kaynaklanıyordu. Örneğin bir tanesi iki elektron alıyordu bir tanesi 8 tane. Bu durumu kuantum sayıları belirliyordu.

Öğrenci D9'un son testteki yanıtı Modern Atom Teorisine dayalı kabul edilemez türden yanıtlar kategorisine kodlanmış olsa da öğrencinin aslında melez bir modele sahip olduğu son görüşme ile ortaya çıkarılmıştır. Öğrenci yörünge ile orbital kavramlarının aynı şey olduğunu belirtmiştir. Yörünge ya da orbital dediği çemberin sınırlarının tam olarak belli olamayacağını söylemesi ayrıca çizdiği şekilde elektrona ait değişik konum değerlerini bir alana yayması Modern Atom Teorisine daha yakın bir fikre sahip olduğunu göstermiştir.

Son testte Modern Atom Teorisine dayalı kabul edilemez türden yanıt başka bir öğrenci olan D12'ye ait yanıt aşağıda aktarılmıştır.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.

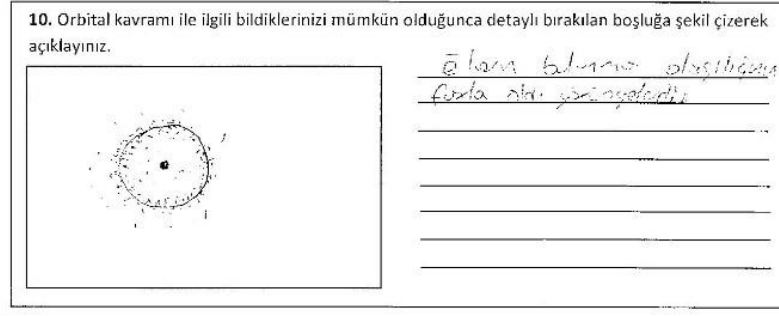


Orbital bir ortamdaki:
yakın enerjideki elektronların
bulunma ihtimali yakın olan
çemberimsel bölgelerdir.

Şekil 5.71: Öğrenci D12'nin son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Şekil 5.71'de görüldüğü gibi öğrenci elektronların değişik konum değerlerini noktacıklar halinde işaretlemiş ve modern atom modeline dayalı bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Ancak yanıtında orbitalleri yakın enerjideki elektronların bulunma ihtimali olan çemberimsel bölgeler olarak tanımlamıştır. Öğrenci D12'nin de daha önce D2 ve D4 öğrencilerinde görüldüğü gibi elektronların konum değerlerinin sıklaştığı bir bölge çizmediği görülmüştür. Ayrıca konum değerlerini işaretlediği bölgenin çemberimsel olduğunu ileri sürmüştür. Söz edilen nedenlerden dolayı öğrencinin yanıtı bilimsel olarak kabul edilemez türdendir.

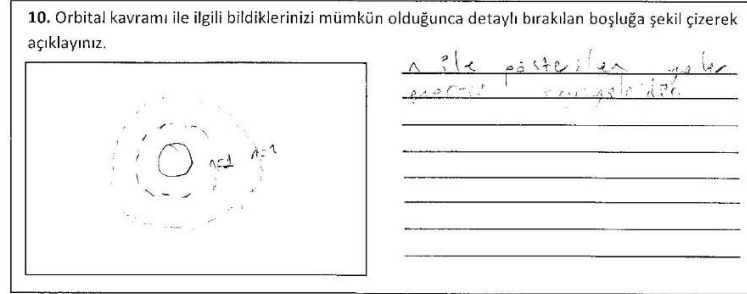
Son testte öğrencilerin %7,5'i soruya melez yanıtla vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.



Şekil 5.72: D7 öğrencisinin son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Şekil 5.72'deki çizime bakıldığında öğrencinin bilimsel olarak tam doğru bir çizim yaptığı düşünülmektedir. Ancak öğrencinin orbitalleri "elektronların bulunma ihtimallerinin fazla olduğu yörüngelerdir" şeklinde tanımlaması melez bir modele sahip olduğunu açıkça göstermiştir.

Son testte öğrencilerin %10'u soruya Bohr Atom Modeline dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

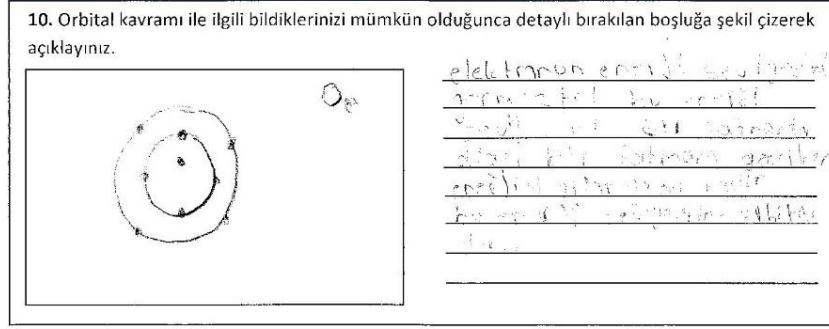


Şekil 5.73: D14 öğrencisinin son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Şekil 5.73'de görüldüğü gibi D14 öğrencisinin yanıtı bütünüyle Bohr Atom Modeline dayanmaktadır.

"Elektronun enerji seviyesini görmüştük. Bu enerji seviyesinde bir aktmandan diğer katmana geçerken enerjisi artar ya da azalır. Bu enerji seviyelerine orbital denir"

Şekil 5.74'de görüldüğü gibi D19 öğrencisinin yanıtı da D14 öğrencisinde olduğu gibi Bohr Atom Modeline dayanmaktadır.



Şekil 5.74: D19 öğrencisinin son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Öğrenciler Modern Atom Teorisini bütünüyle reddederek zihinlerinde güçlü kökleri olduğu tahmin edilen Bohr Atom Modeli ve bu modele ait yörünge kavramını kullanmaya devam etmişlerdir. Son testte öğrencilerin %5'i kodlanamaz yanıt verirken, %2,5'i soruyu yanıtsız bırakmıştır. Aşağıda gecikmiş son testten elde edilen bulgular sunulmuştur.

5.1.10.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

MFKT'deki orbital kavramı ile ilgili 10.soru gecikmiş son test uygulamasında değiştirilmemiştir. Öğretimden beş ay sonra uygulanan gecikmiş son testte öğrencilerin %45'i tam, %20'si kısmen doğru olmak üzere toplam %65'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Ortaya çıkan bu durum öğretimin öğrencilerin modern atom teorisine yönelik kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olabilme noktasında başarılı olduğunu ayrıca öğrencilerin öğrenmelerinin ne derecede kalıcı olduğunu da göstermiştir. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenciler ile yapılan görüşmeler aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: Orbitali konuşalım.

D21: elektronun bulunma olasılığının fazla olduğu yer

Araştırmacı: neden bir olasılık tanımlıyoruz.

D21: Aynı anda hızını ve konumunu bilemeyiz. İlk fotoğrafta buradaysa ikinci fotoğrafta farklı bir yerde. Bu yerlerin birleşimi orbitali oluşturuyor.

Araştırmacı: Bu orbitallerin şekli nasıl?

D21: Bir bulut gibi.

Araştırmacı: Bu çizdiğin iki boyutlu bir şekil mi?

D21: Hayır üç boyutlu. Çekirdeğin çevresinde.

Öğretim öncesinde melez modele dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiş olan D21 son ve gecikmiş son testte ayrıca gecikmiş son görüşmede de bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir.

Araştırmacı: Orbital kavramı ile ilgili neler hatırlıyorsun?

D22: Elektronların bulunma olasılıklarının fazla olduğu yerler. Belli bir yörünge yok. Elektron çekirdeğin etrafında hareket ediyor. Bazı yerlerde daha fazla bulunuyor. Bu fazlaca bulunduğu hacimsel bölgeler orbitali oluşturuyor.

Araştırmacı: Orbital deyince çizimindeki şu çemberi mi algılamalıyım?

D22: O çemberi değil, orası daha çok yığıldığı yer. Aslında bu üç boyutlu. Elektron bunun içinde bir yerde. Dışında da olabilir. Ama genelde orada.

Öğretim öncesinde Bohr Atom Modeline dayalı yanıt veren D22, son ve gecikmiş son test ile birlikte gecikmiş son görüşmede de bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerden biri de D24'tür. Aşağıda kendisi ile yapılan gecikmiş son görüşmeye ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: Orbital kavramını sormuştuk.

D24: Elektronun bulunma ihtimalinin çok olduğu yerler buralar (Çizimini gösteriyor). Başka yerlerde de olabiliyor. Ama en çok burada bulunuyor. s p d f diye türleri var.

Araştırmacı: s p d f nedir bu arada.

D24: Kuantum sayıları vardı. Manyetik kuantum sayısı falan oradan geliyordu.

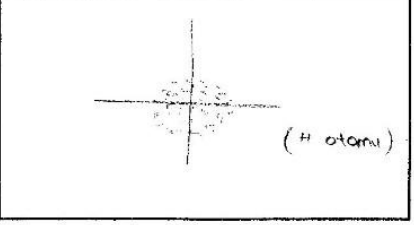
Araştırmacı: Kuantum sayıları nasıl türetilmiştir?

D24: Baş kuantum sayısı sonra bir eksiği falan alınıyordu ancak formül kısımlarını hatırlayamıyorum.

Öğretim öncesinde Bohr Atom Modeline dayalı yanıt veren D24, son ve gecikmiş son test ile birlikte gecikmiş son görüşmede de bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrenci kuantum sayılarının türlerini ve nasıl türetildiklerini unutmamıştır. Ancak orbital kavramını tam doğru olarak açıklamıştır.

MFKT'deki 10.soruya öğrencilerin %20'si kısmen doğru yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



e⁻ bulunma olasılığının olduğu
enerji düzeyleridir.

Şekil 5.75: D4'ün gecikmiş son testteki 10. soruya verdiği yanıt.

Öğrenci D4, Şekil 5.75'de görüldüğü gibi yaptığı çizimde elektronların değişik konum değerlerini noktacıklar şeklinde göstermiş ancak belirli bir hacimsel bölgede sıklaştırmamıştır. Ayrıca yanıtında elektronların bulunma olasılıklarından söz etmekle birlikte olasılığın yüksek olduğu yerlerden söz etmemiştir. D4 ile yapılan gecikmiş son görüşme ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi istemiştik 10. soruda.

D4: Bu soru üç testte de beni en çok zorlayan soru.

Araştırmacı: Ön testteki şekline bakalım. (Bohr Atom Modeline dayalı bir çizim). Bu şekil sence hangi atom modeline dayanıyor?

D4: Atom modeli olarak Rutherford'a dayanıyor. Çekirdek ve etrafındaki hareketli elektronlar. Rutherford'a aittir herhalde.

Araştırmacı: Son testte çekirdek ve etrafında orbital demişsin. Gecikmiş son testte yaptığın çizime bakarsak. Çekirdek çizmemişsin. Etrafındaki çemberi de kaldırmışsın.

D4: Orbital kavramı bir atomun elektronlarının bulunma olasılıklarının olduğu bölgeye verilen isim olarak biliyorum. Atomda bazı kuantum sayıları vardı. Spin kuantum sayısı falan. Ama eksik. S p d f dediğimiz katmanlar vardı. Ama katma yörünge sanırım karıştırıyorum.

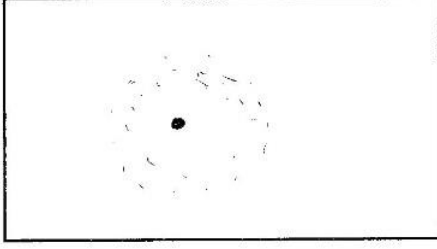
Araştırmacı: Bu çemberi çizmişsin (son test)...Elektronların bulunma olasılığının fazla olduğu yerler demişsin. Bu mantık bu olasılık mantığı neye dayanıyor?

D4: Kuantum fiziğinden kaynaklanıyor. Hani basket topu bir orda bir buradaydı. Hepsi sizin yüzünüzden. Öğrettiniz basket topu ordadır buradadır. Ben elektronu bir

oraya bir buraya yerleştiriyorum. Heisenberg belirsizlik ilkesi vardı. Sanırım onunla ilgili.

Araştırmacı, öğrencinin son testteki yanıtında kullandığı " elektronlarında bulunma olasılıklarının fazla olduğu yerler" ifadesini kendisine hatırlattıysa da öğrenci gecikmiş son görüşmede bu konuda bir farkındalık yaşayamamıştır. Elektronların değişik konum değerlerini alabileceğinin farkında olmakla birlikte bu konum değerlerinin yığıldığı bölgelerden (orbitallerden) söz etmemiştir. Gecikmiş son test ve görüşmedeki açıklamalarından da anlaşıldığı gibi yanıtları bilimsel olarak kısmen doğrudur. Kısmen doğru yanıt veren başka bir öğrenci de D20'dir. Öğrencinin gecikmiş son testteki yanıtı aşağıda görülmektedir.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



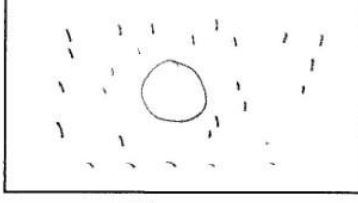
Orbital: belli enerji seviyelerinin bulunduğu elektronların bulunma olasılıklarının fazla olduğu yerdir. S, P, d, f orbitalleri vardır. S: 2 P: 6 d: 10 f: 14 e bulunma kapasitesine sahiptir.

Şekil 5.76: D20'nin gecikmiş son testteki 10. soruya verdiği yanıt.

Şekil 5.76'da görülen yanıtı veren D20 yaptığı çizime yönelik her hangi bir açıklama yapmamış, elektronların konum değerlerini bir orbital oluşturacak şekilde çizmemiştir. Ancak açıklamaları bilimsel olarak doğrudur. Gecikmiş son testte öğrencilerin %10'u modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

Şekil 5.77' de görüldüğü gibi D18 öğrencisi elektronların olası konum değerlerini belirtmiş ancak bunları orbital oluşturacak şekilde yoğunlaştırmamıştır. Daha önemlisi elektronların buldukları yuvacıkların orbitaller olduğunu belirtmiştir. Şekil 5.78'de görülen yanıtında D19 öğrencisi, orbitallerin elementlerin elektron dizilimlerini yaparken kullanıldıklarını belirtmektedir.

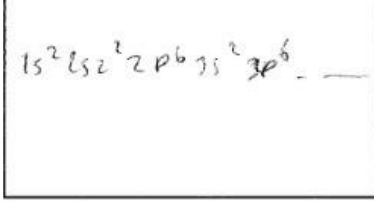
10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



elektronların bulunma olasılığı
yükseldikçe, s, p, d, f gibi
ya da genetik olarak
s, p, d, f olarak adlandırılır.
Orbital sayısı s, p, d, f
n kadar olur. s, p, d, f
atom numarası ile aynı
olur.

Şekil 5.77: D18'in gecikmiş son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ —

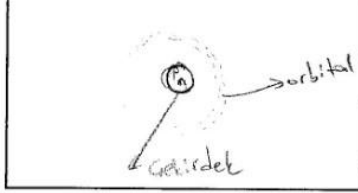
elektronların konumları
kavramı

Şekil 5.78: Öğrenci D19'un gecikmiş son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %10'u soruya melez yanıt vermiştir. Melez yanıt veren öğrencilerin açıklamaları, öğretmen tarafından tanıştırılan bilimsel bilgi ile birlikte öğrencinin kendi zihninde bulunan fikirleri birlikte içermektedir. Bu öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

Öğrenci D9 orbitalleri "elektronların bulunma olasılığının çok olduğu çemberdir" şeklinde tanımlamaktadır. Yanıtından da anlaşıldığı gibi öğrenci Bohr ve Modern Atom Modellerini birlikte kullanmaktadır.

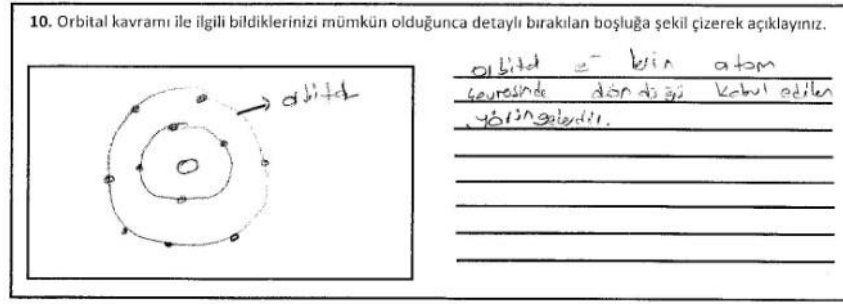
10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi mümkün olduğunca detaylı bırakılan boşluğa şekil çizerek açıklayınız.



orbital elektronların bulunma
olasılığının çok olduğu bir
çemberdir
orbitaller adlandırılan yapıdır.

Şekil 5.79: Öğrenci D9'un gecikmiş son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %10'u soruya Bohr Atom Modeline dayanan yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.



Şekil 5.80: Öğrenci D3'un gecikmiş son testteki 10.soruya verdiği yanıt.

D3 öğrencisi Şekil 5.80'deki yanıtında görüldüğü gibi katmanlar çizerek üzerlerine elektronları yerleştirerek Bohr Atom Modeline dayalı yanıt vermiştir. Orbitallere yönelik açıklamalarına bakıldığında, elektronun bir atom çevresinde döndüğü kabul edilen yörüngeler olduğu yönünde ifadeler içerdiği görülmektedir. Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i soruya yanıt vermemiştir.

5.1.10.4 Tartışma

Öğrencilerin ön testte soruya verdikleri yanıtların analizi oldukça şaşırtıcıdır. Öğrenciler kimya dersinde Modern Atom Teorisini öğrenmelerine rağmen büyük bir çoğunlukla (%45) Bohr Atom Modeline dayanan yanıtlar vermiştir. Bunun nedeni olarak Bohr Atom Modelinin daha anlaşılır ve kolay olması ya da kimya dersinde uygulan etkinliklerin öğrencilerin kavramsal değişimi yaşamalarında yetersiz kalması gösterilebilir.

Ön testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin verdiği yanıtlar genellikle elementlerin elektron dizilimine dayanmaktadır. Bu öğrenciler orbital kavramını elementlerin elektron dizilimini göstermeye yarayan bir metot olduğu yönünde inançlara sahiptir. Bununla birlikte melez modellere sahip öğrenciler de bulunmaktadır. Bu öğrenciler genel olarak Bohr ve Modern Atom Modellerini bir arada kullanmaktadır.

Son testte öğrencilerin %67,5'inin soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermesi, öğretimin orbitale yönelik kavramsal değişimi sağlama noktasında başarısını göstermektedir. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin genellikle orbital yörünge ayrımı noktasında zorlandıkları

görülmektedir. Ayrıca ikisinin bir arada kullanılarak melez yanıt verilmesi durumu da son testte söz konusudur. Öğrencilerden bazıları (%10) son testte Bohr Atom Modeline dayanan yanıtlar vermiştir. Bu %10'luk dilimin %5'i ön testte ve son testte Bohr Atom Modeline dayalı yanıt vererek öğretime karşı direnç gösteren öğrencilerden oluşurken, diğer %5'i kodlanamaz yanıt kategorisinden Bohr Atom Modeline dayanan yanıtlar kategorisine yükselen öğrencilerden oluşmuştur.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %65'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Bu durum öğretimin öğrenmenin kalıcılığını sağlama noktasında başarılı olduğu sonucunu göstermiştir. Bununla birlikte kabul edilemez türden yanıtlar da bulunmaktadır. Örneğin modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin yanıtlarına bakıldığında iki grupta toplandıkları görülmektedir. Gruplardan ilki elektronun olası konum değerlerinin gösterildiği ancak orbital oluşturacak şekilde belirli bölgelerde yoğunlaştırılmadığı yanıtlardan oluşmaktadır. İkinci grup ise orbital kavramının tamamen elektron dizilimi ile özdeşleştiği yanıtlardan oluşmaktadır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin melez yanıtlar verdikleri Tablo 5.19'da görülmektedir. Bu öğrenciler genel olarak Bohr Atom Modeli ile Modern Atom Modelini bir arada barındıran modeller geliştirmiştir. Örneğin Tablo 5.20'de görülen Öğrenci D9 elektronların bulunma olasılıklarının yüksek olduğu yerlerin bir çember oluşturacağını belirtmiştir.

Tablo 5.20'de de görüldüğü gibi öğrenci son görüşmeden itibaren sürekli olarak melez modelini kullanarak açıklamalar yapmıştır. Bu durumdan öğrencideki kavram yanlışlığının ısrarla savunulan türden olduğu anlaşılmaktadır.

Bununla birlikte Tablo 5.20'de görülen öğrenci D12'nin durumunun tartışılması gerekmektedir. Öğrenci son test ve görüşmede modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt verirken, gecikmiş son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Bu durumdan bazı öğrencilerin kavramlarını değiştirmek için daha fazla zamana ve deneyime ihtiyaç duydukları sonucu çıkarılabilir.

Tablo 5.20: Görüşme yapılan öğrencilerin 10.sorudaki gelişimleri.

KATEGORİ	ÖN		SON		GECİKMIŞ SON	
	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D1,D20 D21,D22 D23,D24 D25,D26	D1,D20,D21 D22,D23,D24, D25,D26	D1,D2,D12 D16,D21,D22, D23,D24,D25, D26,D31	D1,D2,D12, D16,D21,D22, D23,D25,D26 D31
A.2			D2,D4,D16 D31	D2,D4,D16 D31	D4,D20	D4,D20 D24
B.1	D20,D26	D20,D26	D9,D12	D12		
B.2	D2,D21	D2,D21		D9	D9	D9
B.3	D1,D4,D9, D12,D22,D23 D24,D31	D1,D4,D9, D12,D16,D22 D23,D24,D31				
C	D16,D25	D25				

Pozitif Değişim

Kararlı

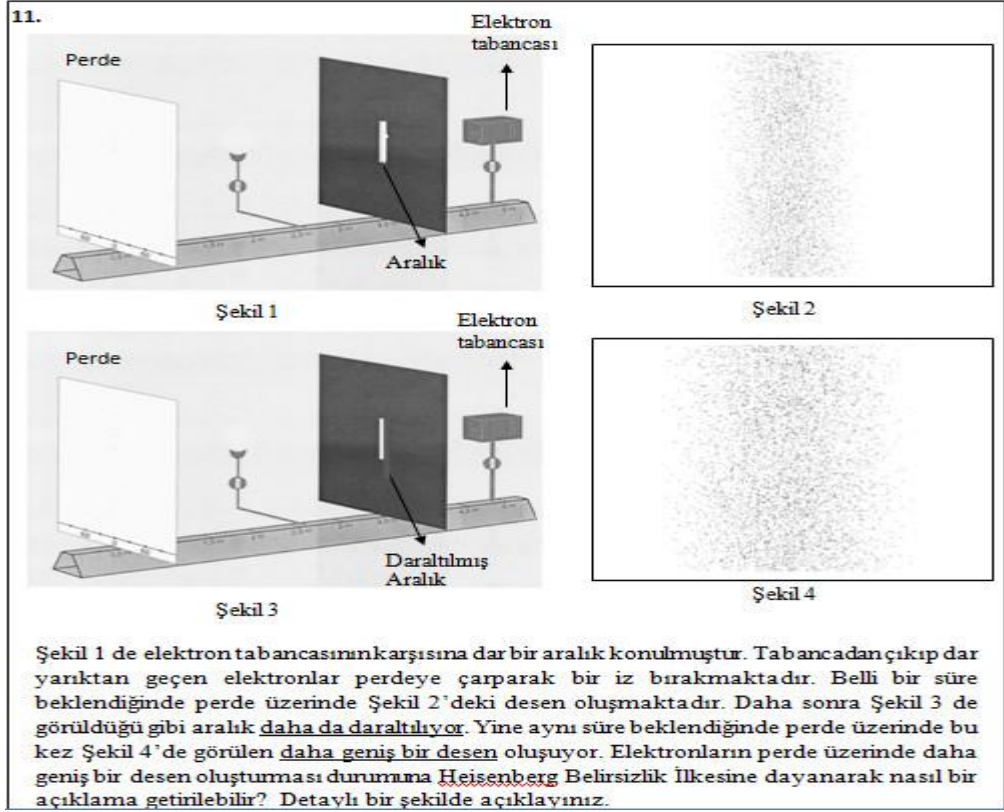
Negatif Değişim

Tablo 5.20 görüşme yapılan öğrencilerin atom modellerine yönelik kavramsal değişimlerine bu araştırmada yapılan öğretimin ne derece yardımcı olduğunu açıkça göstermiştir. Bununla birlikte araştırmada yapılan öğretimden bilimsel görüşe ulaşma konusunda yeterince olumlu etkilenemeyen D9 gibi öğrencilerde bulunmaktadır. Gerekli öneriler daha sonraki bölümlerde yapılacaktır.

5.1.11 MFKT'deki Belirsizlik İlkesi ile İlgili 11.Soruya İlişkin Bulgular

MFKT'deki Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili 11. soru Şekil 5.81'de görülmektedir.

Öğrencilere elektronlar ile yapılan tek yarıқта kırınım deneyine ait desen verilmiş, yarık daraltıldığında ekranda oluşan desenin genişlediği belirtilmiştir. Öğrencilerden verilen fiziksel durumu Heisenberg'in belirsizlik ilkesi bakımından yorumlamaları istenmiştir. Elektronların yarıktan geçerkenki konumları bir dağılım oluşturur ve konumlarının ölçümünde bir belirsizlik bulunmaktadır.



Şekil 5.81: MFKT'deki Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili 11. Soru.

Elektronların perdeye çarptıkları noktalar onların momentumları hakkında bilgi verecek ve momentumlarının ölçümünde de bir belirsizlik söz konusu olacaktır. Verilen durumda yarığın daraltılması perdedeki desenin genişlemesi ile sonuçlanmıştır. Öğrencilerin, elektronların atom altı bir parçacık olan elektronların olası konum değerleri ile olası momentum değerlerinin aynı anda sınırlandırılmayacağı ya da konum ve momentum değerlerindeki belirsizliklerin her ikisinin birden aynı anda küçültülüp büyütülemeyeceği yönünde açıklamalar içeren yanıtları bilimsel olarak tam doğru kabul edilmiştir.

Öğrencilerin öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden beş ay sonra uygulanan Modern Fizik Kavram Testindeki 11.soruya verdikleri yanıtlar analiz edilerek Tablo 5.21 oluşturulmuştur. Tablo 5.21'da görüldüğü gibi ön testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmazken, öğrencilerin %17,5'i belirsizlik ilkesi ile ilgili modern fiziğe dayalı ancak bilimsel olarak kabul edilemez türden açıklamalar içeren yanıtlar vermiştir.

Tablo 5.21: MFKT'deki Belirsizlik İlkesi ile İlgili 11. Sorunun Analizi.

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU		
	Ön Test n (%)	Son Test n (%)	Gecikmiş SonTest n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar			
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt	0	14 (35,00)	15 (37,50)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar	0	9 (22,50)	6 (20,00)
Ara Toplam 1	0	23 (57,50)	21 (52,50)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar			
1. Modern Fiziğe Dayalı Yanıtlar	7 (17,50)	10 (25,00)	8 (20,00)
2. Klasik Fiziğe Dayalı Yanıtlar	16 (40,00)	1 (2,50)	2 (5,00)
3. Sezgisel Yanıtlar	8 (20,00)	3 (7,50)	9 (22,50)
Ara Toplam 2	31 (77,50)	10 (35,00)	19 (47,50)
C. Kodlanamaz	4 (10,00)	2 (5,00)	0
D. YANITSIZ	5 (12,50)	1 (2,50)	0
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Öğrencilerin kimya dersi Atomun Yapısı Ünitesinde belirsizlik ilkesini öğrendikleri ve bu öğretimden kalan bilgileri ile açıklama yaptıkları ön görüşmelerde ortaya çıkarılmıştır. Yaptıkları açıklamalar belirsizlik ilkesine dayansa da görüşleri derinlemesine incelendiğinde belirsizlik ilkesine ilişkin bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları anlaşılmıştır. Ön testte öğrencilerin %40 gibi büyük bir çoğunluğu klasik fiziğe dayalı yanıtlar vermiştir. Öğrenciler Heisenberg belirsizlik ilkesine dayalı fikirlere sahip olmadıkları için elektronların kırımını deneyini açıklamaya çalışmıştır. "Elektronlar birbirlerini iterek dağılmışlardır" şeklinde kırımın desenini açıklamaya yönelik yanıtlar verdikleri görülmektedir.

Tablo 5.21'de görüldüğü gibi son testte öğrencilerin %57,5'inin, gecikmiş son testte de %52,5'inin soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür. Öğrencilerin önceki on soruda bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar bakımından gösterdikleri başarıyı 11.soruda yeterince gösteremedikleri görülmektedir. Bunun nedeni olarak öncelikle konunun oldukça soyut olması, öğrencilerin konu ile ilgili ön kavramlara sahip olmayışları gösterilebilir. Analizler sonucu ortaya çıkan Tablo 5.21'e ait detaylar aşağıda başlıklar halinde verilecektir.

5.1.11.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

MFKT'deki belirsizlik ilkesi ile ilgili 11.soruya ön testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin %17,5'i modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D1: Heisenberg elektronların yerinin ve hızının aynı anda bilinmeyeceğini söyler.

Yeri bilinirse hızını, hızı bilinirse yeri bilinemez.

D2: Elektronun yeri ve hızı aynı anda bilinemez.

D6: Heisenberg belirsizlik ilkesine göre bir atomun aynı anda hızı ve konumu bilinemez.

D22: Elektronun yeri ve hızı kesin olarak bilinemez.

Öğrencilerin yanıtlarından belirsizlik ilkesine yönelik bilimsel bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmektedir. Öğrencilerin belirsizlik ilkesine yönelik, elektronun yeri ve hızının aynı anda bilinmeyeceği ya da elektronun yerinin ve hızının tam olarak bilinmeyeceği açıklamalarını yaptıkları görülmektedir. Öğrenci D1'in öğretim öncesinde yapılan ön görüşmedeki diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: (Önceki orbital kavramı ile ilgili olan soruya yönelik görüşmede belirsizlik ilkesine giriliyor) Bulunma olasılığı... Neden olasılık kavramını kullanıyoruz?

D1: Hani söylemiştik ya hızını bilirsek yerini bilemeyiz, yerini bilirsek hızını bilemeyiz diye. Bazı elektronların hızlarını biliyoruz ama nerede olduklarını bilemiyoruz. Elektronlar hızlı oldukları için nerede olduklarını tam olarak tespit edemeyiz.

Araştırmacı: Elektronların yerini tam olarak tespit edemememiz hızlı olmalarından mı kaynaklanıyor?

D1: Evet.

Araştırmacı: 11.soruya geçelim. Verilen durumu Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile nasıl açıklarsınız diye sormuştuk.

D1: Az önce de dediğim gibi elektronun yerini bilirsek hızını bilemeyiz, hızını bilirsek yerini bilemeyiz.

Araştırmacı: Elektronun yerini neden bilemeyelim. Ekrana çarptı işte burada.

D1: O zaman hızını ölçemeyiz.

Araştırmacı: Basit bir yol bölü zaman hesabı ile elektronun hızı ölçülemez mi?

D1: elektron tabancasından atılıyor. Ama sürtünme kuvvetinin etkisi de devreye giriyor. O nedenle hızını kestiremeyiz diye düşünmüştüm.

Öğrenci D1 10.sınıf kimya dersi atomun yapısı ünitesinde katıldığı öğretimden aklında kaldığı şekliyle, belirsizlik ilkesini "elektronun yerini bilirse hızını bilemeyiz" şeklinde bilimsel olmayan bir ifade ile açıklamaktadır. Yukarıda 11.soruya verdikleri yanıtlar örneklenen ve kendisi ile görüşme yapılan D2 ve D22 öğrencilerinin de benzer açıklamalar yaptıkları görülmüştür.

Ön testte öğrencilerin %40'ı klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden açıklamalar yaparak yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklendirilmiştir.

D7: Geçilecek olan yarık dar olduğundan dolayı elektronlar birbirlerine çarparak daha da çok saçılmış olabilir.

D14: Daha çok elektron kırıldığı için daha geniş bir alana yayılmıştır.

D15: Aralık daraldıkça elektronlar daha çok yaklaşır ve aynı yüklü oldukları için birbirlerini daha ileri iterler.

D20: Elektronlar dar yarıktan geçerken zorlanacaklar daha da çok sıkışıp saçılacaklardır.

Klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin Heisenberg belirsizlik ilkesine yönelik bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmektedir. Öğrenciler, 11. sorunun istediği yönde olayı belirsizlik ilkesi bakımından yorumlayamayınca, zihinlerindeki klasik fiziğe dayalı modelleri kullanarak kırımın deneni açıklamaya çalışmıştır. Bunu yaparken de öğrenciler "elektronlar yarıktan geçerken birbirlerini iterek saçılırlar" gibi ifadeler kullanmaktadır.

Ön testte öğrencilerin %20'si MFKT'deki 11.soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen sezgisel yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklendirilmiştir.

D3: Elektronlar dar aralıktan geçerken daha çok çarpışırlar. Bu nedenle daha geniş alana yayılırlar.

D8: Dar alanda yan taraflara falan ya da birbirlerine çarpmış ve geniş bir alan çizmiş.

D16: Elektronlar dar yarıktan geçerken bir parçalanma gerçekleşiyor. Bu yüzden bir ışıma oluyor. Bu yüzden de aralık daraltıldıkça desen genişliyor.

Sezgisel yanıt veren öğrenciler de tıpkı klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenciler gibi kırımın desenini açıklamaya çalışmaktadır. Ancak sezgisel yanıt veren öğrenciler herhangi bir yasaya dayanmayan tahminlerine dayalı açıklamalar yapmaktadır.

Ön testte MFKT'deki 11.soruya öğrencilerin %10'u kodlanamaz yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D34: Aralık daraldıkça geçen ışık miktarı azaldığı için perdede oluşan gölge büyür.

D38: Dar aralıkta kaynak daha yakınmış gibi olur. Oluşan gölge daha büyük olabilir.

D40: Aralık daraltılırsa tam gölge büyür. Bunun için daha geniş bir desen oluşur.

Öğrencilerin açıklamalarının söz konusu olayla ilgisizdir. Ayrıca "aralık daraltılırsa tam gölge büyür" gibi yanlışlar içermektedir. Bununla birlikte ön testte öğrencilerin %12,5'i soruyu yanıtızsız bırakmıştır.

5.1.11.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

11.sorunun son test bulgularında görüşme kayıtlarına yer verilecektir. Öğrencilerin kavramsal anlamalarını daha detaylı incelemek için yapılan son görüşmelerde kullanılan görüşme formundaki belirsizlik ilkesi ile ilgili soru Şekil 5.82'de görülmektedir.

8. Nalan Öğretmen öğrencilerine Belirsizlik İlkesinden ne anlıyorsunuz? Sorusunu yöneliyor ve öğrencilerden aşağıdaki yanıtları alıyor.

Mehmet: Belirsizlik İlkesi ölçü aletlerinin aynı anda iki fiziksel büyüklüğe odaklanamıyor olmasından kaynaklanıyor.

Erdoğan: Belirsizlik İlkesi teknolojik yetersizliklerden dolayı parçacıkların konum ve momentumunun doğru ölçülememesidir. Daha gelişmiş ölçü aletleri yapılabilsen bir parçacığın aynı zamanda hem konumu hem de momentumu aynı anda ölçülebilir.

Mustafa: Belirsizlik İlkesi çok küçük olan elektron, proton gibi parçacıkların konumu ve momentumunun aynı anda yüksek duyarlılıkta ölçülemiyor olmasıdır.

İlhan: Ben Belirsizlik İlkesini bir örnekle açıklamak istiyorum. Bir suyun sıcaklığını ölçmek için suyun içine bir termometre daldırdığımızda termometre ile su arasında enerji geçişi olacağı için ölçtüğümüz değer hiçbir zaman suyun gerçek sıcaklığı değildir.

Esmâ: Belirsizlik İlkesi bir parçacığın alabileceği çeşitli konum değerleri ile momentum değerlerinin her ikisinin aynı anda sınırlandırılmayacağını ifade eder.

Hangi öğrencinin görüşüne katılıyorsunuz? Bu görüşlerin dışında bir görüşünüz varsa ifade ediniz.

Şekil 5.82: Son görüşme formundaki belirsizlik ilkesi ile ilgili soru.

Son testte öğrencilerin %35'ini oluşturan ve soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrencilerden kendisi ile son görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Nalan Öğretmenin "belirsizlik ilkesinden ne anlıyorsunuz" sorusuna öğrencilerin verdikleri yanıtlar aktarılmıştır. Bu öğrencilerden hangisinin yanıtı sana uygun geliyor. Bunlardan birini beğenmezsen kendi cevabını da verebilirsin.

D2: Bence İlhanın cevabı yakın. Şu sebepten dolayı, elektronun yerini belirlerken ona bir foton gönderiyoruz. O foton onu etkiliyor. Onun daha önceki hızını bilemeyiz. O nedenle İlhanın cevabı örnek vermesi ile daha mantıklı. Termometreyi suya daldırdığımızda termometre ile arasında ısı alışverişi olur suyun o anlık enerjisini bilebiliriz ama daldırmadan önceki enerjisini bilemeyiz.

Araştırmacı: Biz elektronun yerini ölçmek için bir etki yapıyoruz ve elektron bundan etkileniyor mu diyorsun?

D2: Evet. Enerji verdiğimizde o anlık nerde bulunabildiğini biliyoruz öncesini bilemiyoruz.

Son görüşme formundaki sorular MFKT'de yer alan sorular ile aynı kazanımı ölçecek şekilde ancak farklılaştırılarak sorulmuştur. Öğrencilerin kavramsal değişimlerinin ne derece güçlü olduğunu ortaya çıkarabilmek için bilgiyi transfer edip edemediklerine bakılmıştır. Son görüşme formundaki Şekil 5.82'de görülen belirsizlik ilkesi ile ilgili sorudaki öğrenci yanıtları Özdemir (2008)'in yüksek lisans tezinde rapor ettiği olası kavram yanılgılarını içermektedir. Ayrıca bir öğrencinin yanıtı da (Esmâ) yine Özdemir (2008)'e göre bilimsel olarak tam doğrudur. Kendisi ile son görüşme yapılan öğrenci D2 son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiş olsa da kendisi ile yapılan son görüşmede kavram yanılgısına sahip olduğu anlaşılmıştır. Öğrenci her ölçmeye karışan hata ile belirsizlik ilkesini bağdaştırmaktadır.

Araştırmacı: Soruyu içinden okursan. Doğru cevabı istiyorum. Bunlardan herhangi birini beğenmezsen kendi cevabını da oluşturabilirsin.

D21: Erdoğan hocam. Ama diğerlerini okumadım. Bir dakika.

D21: Esmâ hocam.

Araştırmacı: Neden?

D21: Heisenberg'in belirsizlik ilkesi vardı. Yarık küçülünce elektronlar daha büyük bir yere çarpıyorlardı. Bir elektronun konumunu bilirsek, momentumu bilemeyiz diyordu.

Araştırmacı: Başta Erdoğan demedeki sebep neydi? Erdoğan'ın yanıtına tekrar bakarsan...

D21: Erdoğan'ın ilk cümleleri mantıklı geldi ondan etkilendim. Ama teknolojik yetersizlere bağlamış. Yok. Hayır Esmâ olacak.

Araştırmacı: Az önce belirsizlik ilkesini tanımlarken "konumunu bilirsek, momentumunu bilemeyiz" şeklinde bir ifade kullandın. Belirsizlik ilkesinden tam olarak ne anlıyorsun?

D21: Elektronların konum ve momentumları bir dağılım oluşturuyor. Bu dağılımların aynı anda sınırlanamayacağını söylüyor. Esmâ'nın cevabı gibi.

Ön testte sezgisel yanıt veren öğrenci D21, son testte ve son görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Görüşmenin ilk bölümlerinde yanılrsa da daha sonra tam doğru yanıt ulaşabilmiştir. Buna rağmen öğrenci görüşmenin bir bölümünde belirsizlik ilkesini "Bir elektronun konumunu bilirsek, momentumu

bilemeyiz" şeklinde tanımlamaktadır. Kendisine belirsizlik ilkesinden ne anladığı yeniden sorulduğunda ise bilimsel olarak tam doğru yanıt verebilmektedir.

Öğrencilerin %22,5'i MFKT'deki belirsizlik ilkesi ile ilgili 11.soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Kısmen doğru yanıt veren öğrencilerin yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

D4: Alanı daralttığımızda görüntünün artması elektronun dalga özelliği göstermesindedir. Heisenberg belirsizlik ilkesine göre elektron perde üzerinde bir dağılım oluşturuyor. Bu dağılım hızların ya da momentumlarının dağılımı olarak düşünülebilir. Elektronların konumları ile ilgili fikirlerimiz ise yarığın genişliği ile ilgili.

D5: Elektronların yerini bilme olasılığımızı artırdığımızda hızını bilme olasılığımız azalıyor.

D11: Yarık daraltıldığında elektronların yeri daha kesin olarak bilinir. Hızları kesin olarak bilinemez.

Öğrencilerin yanıtlarına bakıldığında nitelik bakımından zayıf açıklamalar içerdikleri görülmektedir. Ön testte soruyu yanıtsız bırakıp son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren öğrenci D4 ile yapılan son görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Sekizinci soruyu içinden okuyabilirsin.

D4: Bana Esmâ'nunki daha mantıklı geldi. Belirsizlik ilkesi deyince çift yarık deneyi geliyor aklıma. O yarık konumu ifade ediyor. Konumu belirliyor yarık. Yarıқта elektronların geçtikleri yerler bir dağılım oluşturuyor. Konumu hakkında fikrimizin kesinliği artırdığımızda yani yarığı daralttığımızda momentumun değerleri konusundaki kesinlik azalıyordu. Konumu hakkındaki ölçümlerimiz hassaslaştıkça, momentumdaki azalıyor.

Araştırmacı: Bu açıklamaların Esmâ'yı mı işaret ediyor?

D4: Evet. Esmâ da benzer dağılımlardan ve her ikisinin aynı anda sınırlandırılmayacağından bahsetmiş.

Öğrenci D4 son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiş olsa da yapılan son görüşme kendisinin bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir.

Araştırmacı: Soruyu içinden okuyabilirsin.

D31: Esmâ. Birini azaltırken diğeri artıyordu. Elektron perde üzerinde bir yere çarptı ama bir dahakinde oraya çarpacağına bir garantisi yok. Biz onun momentumunu çarptığı yerde ölçebiliriz. Konumunu da ölçebiliriz. Ancak bir sonrakinde oraya çarpacağı kesin değil. O nedenle elektronlar için olasılıklardan bahsetmek zorundayız. Belirsizlik ilkesi aslında elektronun momentumu ve konumunun ölçülemeyeceği anlamına gelmiyor. Momentum ve konum dağılımının aynı anda sınırlanamayacağını söylüyor. O yüzden Esmâ.

Ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenci D31 son testte kısmen doğru yanıt verirken, son görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrenci açıklamalarında bilimsel bilgiye üst düzeyde sahip olduğunu göstermektedir.

Son testte bir öğrenci (%2,5) soruya klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Ön testte soruyu sezgisel olarak yanıtlayan öğrencinin yanıtı aşağıda aktarılmıştır. Yanıtından görüldüğü gibi öğrenci Heisenberg belirsizlik ilkesine yönelik bir fikir üretmeyince, elektronların kınınıma deneyini klasik fiziğe dayalı fikirleri ile açıklamaya çalışmaktadır. Öğrencinin bu yanıtı elektronların dalga özelliği göstermesi ile ilgili de kavramsal değişimi yaşayamadığını göstermektedir. Nitekim elektronların ikili doğasına ilişkin dokuzuncu sorunun analizlerine bakıldığında öğrencinin bu soruda da bilimsel olarak kabul edilebilir bir yanıt veremediği görülmüştür.

D36: Şekil 1'de aralık geniş olduğundan elektronların geçmesi kolay olacaktır. Şekil 3'de ise elektronlar dar aralıktan yoğun olarak geçer ve elektronlar dağılır.

Son testte öğrencilerin %7,5'i "elektronun gideceği alan daralırsa elektronun gideceği alan artar" şeklinde sezgisel yanıt verirken, %5'i "elektronlar akıllıdır. Geniş aralıktan geçerken birbirlerini takip etmezler. Akıllı oldukları için birbirlerini takip

etmeyeceklerdir ve böylece açılma olur" şeklinde kodlanamaz yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin %2,5'i de soruyu yanıtızsız bırakmıştır.

5.1.11.3 Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Gecikmiş son testte belirsizlik ilkesi ile ilgili soru değiştirilerek sorulmuştur. Son görüşme formunda öğrencilere sorulan sorunun öğrencilerin kavramsal anlamalarını ortaya çıkarma noktasında başarılı olduğu anlaşıldığından gecikmiş son testte sorulmasına karar verilmiştir. Şekil 5.82'de görülen ve son görüşme formunda sorulan soru gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT'de bazı biçimsel değişiklikler yapılarak sorulmuştur. Tablo 5.21'de görüldüğü gibi gecikmiş son testte öğrencilerin %37,5'i tam, %15'i kısmen doğru olmak üzere toplam %52,50'inin soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmüştür. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenciler ile yapılan gecikmiş son görüşmelere ait diyaloglar aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: (Öğrenci elektronların ikili doğasına ilişkin görüşmede Heisenberg belirsizlik ilkesinden sözedince araştırmacı soruyor) Heisenberg belirsizlik ilkesi nedir?

DI: Bir elektronun nerede olduğunu bulmak için ışıkla bakmak gerekiyordu. O ışık da enerji verdiği için yerini bulabiliriz ama enerjisinin nasıl olduğunu bulamıyorduk sanırım. Ama hızını ölçersek bu ke nerede olduğunu bulamıyorduk.

Araştırmacı: Verdiğin cevaba bakarsak "Belirsizlik ilkesine göre elektronun yerini belirlersek hızı hakkında yorum yapamayız. Ama hızını belirlersek konumunu belirleyemeyiz" şeklinde yanıtlayarak Esmaya katılmışsın. Senin az önceki söylediklerin Mustafa'ya daha çok benzemiyor mu?

DI: ...

Araştırmacı: Sana hangisi doğru geliyor?

DI: Aslında İlhan 'da mantıklı geliyor. Suyun içine bir termometre daldırdığımızda... Bizde elektrona ışıkla bakıyoruz. Bu ışık da elektronun hızını ve momentumunu değiştirebilir. İlhan daha yakın geldi.

Araştırmacı: İlhan cam ısı aldığı için hiç bir zaman suyun gerçek sıcaklığını ölçemeyiz diyor. Peki Erdoğan'a katılıyor musun? Teknolojik yetersizliklerden

kaynaklanıyor olabilir mi? Elektronun hem konumunu hem de momentumunu aynı anda yüksek duyarlılıkla ölçebilir miyiz?

D1: Yüksek duyarlılıkla ölçeriz ama tam olarak ölçemeyiz. Ölçtüğümüz zaman muhakkak bir etki yaparız ve ölçemeyiz.

Araştırmacı: O halde İlhan'a mı katılıyorsun? Esmâ'dan vaz mı geçeceğiz?

D1: Evet İlhan'a katılıyorum.

Öğrenci D1 son testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermişken gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Bununla birlikte gecikmiş son görüşme kayıtları öğrencinin zihnindeki klasik fiziğe dayalı modelinde etkisinde olduğunu göstermiştir. Öğrencinin bilimsel görüşün farkında olduğu görüşmenin ilk aşamalarından anlaşılmaktadır. Ancak bilimsel görüş konusunda ikna edilememiştir. Öğrenci sorudaki İlhan'ın cevabını okuyunca fikrini değiştirmiş, her ölçümde bir hata olabileceği mantığıyla açıklamalar yapmaya başlamıştır.

Araştırmacı: Yanıtında Esmâ'ya katılmışsın. Neden Esmâ dedin?

D22: Belirsizlik ilkesi elektronların momentumlarının ve konumlarının aynı anda ölçülemiyor olmasıydı. Diğer yanıtlarda teknolojik yetersizlikler gibi noktalara vurgu yapılmış. O nedenle Esmâ dedim. Aynı anda momentumunu bulmaya çalışırken konum gidiyor, konumunu bulmaya çok yaklaşıyorsun bu kez momentumunu bulmak zorlaşıyor. Bunu da net bir dille söyleyen Esmâ bence.

Ön testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci D22 son ve gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Ayrıca yukarıda görülen görüşme kayıtlarından da kavramsal değişimi güçlü bir şekilde yaşadığı anlaşılmaktadır.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %20'si modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D5: (Erdoğan ve Mustafa) Elektronun yerini belirlediğimizde hız belirsizleşiyor. Bu belirsizlik daha duyarlı aletler kullanarak açıklanabilir.

D9: (Erdoğan ve Mustafa) Bence ölçüm cihazları daha hassas olabilirse ölçülebilir.

D10: (Mehmet, Erdoğan, Mustafa ve Esmâ): Bir taneciğın hızı biliniyorsa konumu, konumu biliniyorsa hızı bilinemez.

D16: (Erdoğan ve Mustafa) Orbital kavramında olduğu gibi elektronların yerini kesin olarak bilemiyoruz.

D18: (Mustafa) Çünkü elektronun nerede ne zaman bulunacağı bilinemez.

D21: (Hiçbiri) Elektronun aynı anda hızı ve konumu belirlenemez.

D23: (Mustafa) Eğer bunu ölçebilseydik elektronun yerini kesin olarak hesaplayabilirdik.

D33: (Mehmet, İlhan ve Mustafa): Ölçülen sonuçların hiçbirisi kesin değildir. Özellikle İlhan'ın örneğini çok doğru buluyorum. Ama Erdoğan da olabilir. Sonuçta 20 yıl sonra belirsizlik ilkesi diye bir şey kalmayabilir.

Gecikmiş son testteki yanıtlara bakıldığında iki alt grupta toplandıkları görülmektedir. İlk grup belirsizlik ilkesi ile ilgili bilimsel olmayan fikirlere sahip olan öğrencilerden oluşmaktadır. Örneğın D18'in yanıtında elektronun nerede ne zaman bulunacağını bilenebileceğine yönelik ifadeler bulunmaktadır. İkinci gruptaki öğrenciler belirsizlik ilkesi ile her ölçme işlemine karışan hatayı bağdaştırmaktadır. Örneğın D33 öğrencisi ölçülen sonuçlardan hiçbirinin kesin olmayacağını belirterek, daha duyarlı ölçümler yapılabilirse 20 yıla kadar belirsizlik ilkesi diye bir şey kalmayabileceğini belirtmektedir. Özellikle soruda yer alan öğrencilerden Erdoğan'a ait ifadeler belirsizlik ilkesine yönelik kavramsal değişimi gerçekleştirilememiş öğrencilere cazip gelmektedir. Öğrenciler suya daldırılan termometrenin sudan ısı alacağı böylelikle termometrenin hiç bir zaman gerçek sıcaklığı gösteremeyeceği yönündeki açıklamaları belirsizlik ilkesine benzetmektedir. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar kategorisinde yanıt veren D21'e ait gecikmiş görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Bir öğretmenin belirsizlik ilkesi sorusu vardır. Sen öğrencilerden herhangi birine katılmamışsın.

D21: Belirsizlik ilkesi yani, elektronun hızı ve konumu aynı anda ölçülemez.

Araştırmacı: Bunun dışında eklemek istediğın bir şey yok mu?

D21: Hayır.

D21 yukarıda söz edilen birinci gruba dahil edilebilecek yanıt vermeyi sürdürmektedir. Öğrenci ön testte sezgisel, son testte tam doğru gecikmiş son testte ise modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğretimin bu öğrencinin fikirlerini bilimsel olanı ile değiştirme noktasında faydalı olamadığı görülmektedir. Aşağıda D9'a ait gecikmiş görüşme diyalogları aktarılmıştır.

*Araştırmacı: (orbital kavramı ile ilgili görüşmede söz belirsizlik ilkesine geliyor)
Elektronun bulunma olasılığın fazla olduğu yerler derken*

D9: Elektronun aynı anda üç özelliği bilinmiyor. Konum hız, enerjiyi herhalde. Bir elektronun binlerce fotoğrafı çekiliyor bunlar üst üste konulduğunda orbitaller oluşuyor.

Araştırmacı: Belirsizlik ilkesi ile ilgili de bir sorumuz vardı. Erdoğan ve Mustafa'ya katılmışsın. "Daha hassas ölçüm cihazları kullanılırsa ölçülebilir" demişsin. Mustafa ile Erdoğan'ın mantıkları biraz farklı sanki. Erdoğan teknolojik yetersizliklere bağlıyor. Mustafa "elektron gibi küçük parçacıkların konum ve momentumlarının aynı anda yüksek duyarlılıkla ölçülemiyor olmasıdır" şeklinde bir açıklama yapıyor. Hangisine daha çok katılıyorsun?

D9: Erdoğan'ın söylediği daha mantıklı geliyor hocam. Mustafa'da onu destekliyor gibi...

D9 bir kulak aşinalığıyla Mustafa'nın elektronun konum ve momentumunun aynı anda yüksek duyarlılıkla ölçülemeyeceği yönünde fikrine katılmaktadır. Ancak görüşmede Erdoğan'ın yanıtının daha mantıklı olduğunu belirtmiştir. D9 yukarıda belirtilen gruplardan ikincisine uygun yanıt vermektedir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i klasik fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D14: (İlhan) Çünkü ölçüm yapılan aletlerin hepsinde hata vardır.

D28: (Mustafa, İlhan) Elektronun momentumu korunsa konumu korunmaz, konumu korunsa momentumu korunmaz.

Görüldüğü gibi D14 belirsizlik ilkesini yalnızca ölçüm aletindeki hataya bağlarken, D28 belirsizlik ilkesinin momentum ve konumun korunumu ile

açıklamaya çalışmaktadır. Bununla birlikte öğrencilerin %22,5'i sesgisel yanıt vermiştir. Öğrencilerin yanıtları aşağıda örneklenmiştir.

D13: (Mehmet, Erdoğan) Çünkü iki olayın aynı anda izlenememesinin sebebi yeterli ve gelişmiş aletin olmamasıdır.

D15: (Erdoğan) Belirsizlik ilkesi teknolojik yetersizliklerden kaynaklanmaktadır.

D34: (Erdoğan) Erdoğan'ın görüşlerine katılıyorum.

D36: Ortam yeterince uygun kurulamadığı ve teknolojik aygıtlar tam donanımlı olmadıklarından dolayı kesin bir sonuç çıkarılamaz.

Görüldüğü gibi bu öğrenciler belirsizlik ilkesini yalnızca teknolojik yetersizliklere bağlamaktadır. Bu öğrenciler modern ya da klasik fiziğe dayalı herhangi bir açıklama içermeyen yanıtlar vermiştir.

5.1.11.4 Tartışma

Ön testte öğrencilerin %17,5'i belirsizlik ilkesi ile ilgili 11.soruya modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin bu kategoride kodlanan ve "*elektronun yeri kesin olarak bilinemez*" şeklindeki yanıtlarının arkasında 10.sınıfta kimya dersi kapsamında öğretimi yapılan atomun yapısı ünitesinin bulunduğu ön görüşmeler ile ortaya çıkarılmıştır. Bu kategorideki öğrencilerden oluşan bir grup "*elektronun yerinin ve hızının tam olarak bilinemeyeceği*" yönünde yanıtlar verirken, diğer grupta "*elektronun yerinin ve hızının aynı anda bilinemeyeceği*" yönünde yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin elektronların konumları ve momentumlarının ölçülmesinde bir belirsizlik bulunduğu, bu belirsizliğinde elektronların konum ve momentum değerlerinin bir dağılım oluşturmasından kaynaklandığı yönünde bir açıklama yapamadıkları görülmüştür. Ön testte öğrenciler büyük bir çoğunlukla (%40) klasik fiziğe dayalı yanıtlar vermiştir. Klasik fiziğe dayalı bu yanıtların tümü kırımın deseninin açıklanmasına yöneliktir. Öğrenciler belirsizlik ilkesi ile ilgili bir açıklama yapamayınca "*elektronlar birbirini iterek geniş bir bölgeye dağılmışlardır*" şeklinde kırımın desenini açıklamaya çalışmaktadır. Bununla birlikte belirsizlik ilkesi ile ilgili bir kavramsal yapısı bulunmayan ayrıca durumu klasik fiziğe dayandırmayı uygun

bulmayan öğrenciler de "*Elektronlar dar aralıktan geçerken daha çok çarpışırlar. Bu nedenle daha geniş alana yayılırlar*" şeklinde sezgisel yanıtlar vermiştir.

Son teste bakıldığında öğrencilerin %35'inin tam, %22,5'inin kısmen doğru olmak üzere toplam %57,5'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmektedir. MFKT'de şu ana kadar analizi yapılan on soruda öğrencilerin gösterdikleri performansı 11.soruda gösteremedikleri görülmektedir. Öğretimin Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili bölümünün diğer modern fizik kavramları ile ilgili bölümlerine göre öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında daha az başarılı olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimi yaşayamamalarının en büyük nedeni olarak Heisenberg'in belirsizlik ilkesinin oldukça soyut ve zor yapısı gösterilebilir. Belirsizlik ilkesinin öğrenciler için bütünüyle yeni bir konu olması da bu durum üzerinde etkilidir. Öğretim öncesinde öğrencilerin kavramsal ekolojileri iki grupta toplanmaktadır. İlk gruptaki öğrenciler belirsizlik ilkesine yönelik bilimsel olmayan kavramsal anlamaya sahiptir. Diğer grup ise belirsizlik ilkesine yönelik her hangi bir kavramsal yapıya sahip olmayan öğrencilerden oluşmaktadır. Öğretimin yeterince başarı gösterememe nedenlerinden biri de ilk gruptaki öğrencilerin belirsizlik ilkesine yönelik öğretim öncesi fikirlerinin öğrencilere kolay gelmesi nedeniyle yeni ve bilimsel olanı reddetmeleridir. Bu durumun en güzel örneği D1 öğrencisidir. Tablo 5.22'de görüldüğü gibi öğrenci ön test ve görüşmede ayrıca son testte modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez yanıt vermiştir. Son görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiş olsa da gecikmiş son test ve görüşmede yeniden öğretim öncesindeki fikirlerine dönmüştür. Ayrıca kategorideki ikinci grubu oluşturan ve belirsizlik ilkesine yönelik herhangi bir kavramsal ekolojiye sahip olmayan öğrencilerin de öğretim öncesi ön kavramlara sahip olmamaları öğretimin önünde en büyük engeli oluşturmuştur. Öğrencilerin belirsizlik ilkesine yönelik ön kavramları olmadığı için zihinlerinde bilişsel çatışma oluşmamış böylelikle de kavramsal değişim gerçekleşmemiştir. Bu durumun da en güzel örneği ön testte sezgisel yanıt veren öğrencilerden D16 ve D21'dir. Tablo 5.22'de görüldüğü gibi öğrenciler son test, gecikmiş son test ve görüşmede bilimsel olarak kabul edilemez türden ve modern fiziğe dayalı yanıtlar vermiştir. D21'i son görüşmede tam doğru yanıtla ulaşabildiği ancak öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra uygulanan gecikmiş

test ve görüşmede bilimsel görüşü terk ederek yeni bir belirsizlik ilkesi kavramı oluşturduğu görülmektedir.

Tablo 5.22'de görüldüğü gibi öğrenci D2 ön testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez, son testte ise bilimsel olarak tam doğru, son görüşmede ise klasik fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Klasik fizik çerçevesinde kodlanmasının nedeni öğrencinin yanıtının her ölçüm aletinde bir hata olabileceği yönünde açıklamalar içermesidir. Öğrenci her ölçmeye karışabilecek hata ile belirsizlik ilkesininin aynı şeyler olduğunu iddia etmektedir. Öğrenci aradan geçen beş ay sonunda uygulanan gecikmiş son testte değiştirilerek sorulan soruya tüm öğrencilere katıldığını söyleyerek yanıt vermektedir. Kavramsal değişimi güçlü olarak yaşamayan öğrenci Özdemir'in (2008) çalışmasında rapor edilen kavram yanılgıları ile karşılaştınca karmaşa yaşamakta ve bilimsel görüşü terk etmektedir. Bununla birlikte son testte kısmen doğru yanıt verip son görüşmede tam doğru yanıt veren öğrencilerin bulunduğu Tablo 5.22'de görülmektedir.

Gecikmiş son testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdeleri son teste göre ciddi bir değişiklik göstermemiştir. Gecikmiş son test ve görüşmede D20, D22, D24, D25, D31 gibi güçlü kavramsal değişim yaşayarak bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenciler bulunduğu gibi, D4 ve D16 gibi bilimsel görüşe yakın ancak tam doğru olmayan bir modelle yanıt veren öğrenciler de bulunmaktadır. Bu öğrenciler sorudaki Mustafa ve Ema adlı öğrencilere katılmaktadır. Sorudaki Mustafa adlı öğrenci belirsizlik ilkesininin elektron ve proton gibi parçacıkların konum ve momentumlarının aynı anda yüksek duyarlılıkla ölçülemeyeceği yönünde açıklama yapmaktadır. Ema ise Özdemir (2008)'e göre bilimsel olarak tam doğru yanıttır.

Tablo 5.21 ve Tablo 5.22'de görüldüğü gibi gecikmiş son testte modern fiziğe dayanan ancak bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt veren öğrenciler bulunmaktadır. Bu kategorideki bir grup Ema öğrencisinin yanıtı ile birlikte Mustafa haricinde başka öğrencilerden biri ya da birkaçını işaretleyen öğrencilerden oluşmaktadır.

Tablo 5.22: Görüşme yapılan öğrencilerin 11.sorudaki gelişimleri.

KATEGORİ	ÖN		SON		GECİKMIŞ SON	
	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME	TEST	GÖRÜŞME
A.1			D2,D12,D20 D21,D22 D24,D25	D1,D4,D9 D12,D20,D21, D23,D24,D25, D31	D1,D20,D22 D24,D25,D31	D20,D22,D24 D25,D31
A.2			D4,D31	D22,D26	D2,D4,D12, D26	D2,D4,D12 D23,D26
B.1	D1,D2,D12 D22	D1,D2,D12 D22	D1,D9,D16 D23,D26	D16	D9,D16, D21,D23	D1,D9,D16 D21
B.2	D20,D23 D24,D25 D26,D31	D20,D23 D24,D25 D26,D31		D2		
B.3	D16,D21	D16,D21				
D	D4,D9	D4,D9				

Pozitif Değişim

Kararlı

Negatif Değişim

Kategorideki diğer grup ise baskın bir şekilde Erdoğan adlı öğrenciye katılan gruptur. Sorudaki Erdoğan adlı öğrenci belirsizlik ilkesini teknolojik yetersizliklerden dolayı elektronun konum ve momentumunun duyarlı olarak ölçülememesine dayandırmaktadır. Eğer yeterli teknolojik gelişme yaşanırsa elektronun hem konumu hem de momentumu aynı anda yüksek duyarlılıkla ölçülebilecektir. Gecikmiş son testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerinde genellikle İlhan adlı öğrenciyi işaretledikleri görülmüştür. Soruda yer alan İlhan adlı öğrenci verdiği yanıtta suya daldırılan termometrenin ısı alacağını bu nedenle hiç bir zaman daldırıldığı ortamın gerçek sıcaklığını göstermeyeceğini belirtmektedir. Bu yanıt ölçme işlemine karışan hata kaynaklarını çağrıştırmaktadır. İlhan'ın yanıtını işaretleyen öğrenciler ölçmede hata ile belirsizlik ilkesinin aynı olduğunu düşünmektedirler. Gecikmiş son testte sezgisel yanıt veren öğrencilerin ise öğretimden olumlu etkilenmedikleri anlaşılmıştır. Bu öğrenciler herhangi bir öğrencinin yanıtını işaretleseler de açıklamaları klasik ya da modern fiziğe dayanmamaktadır.

Genel olarak bakıldığında Tablo 5.21 ve Tablo 5.22 öğretimin öğrencilerin %52,5'i için bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimleri noktasında olumlu bir etki oluşturduğu göstermektedir. Üç unsur öğrencilerin belirsizlik ilkesini öğrenmelerinde olumsuz etki oluşturmaktadır. Bunlardan ilki belirsizlik ilkesinin soyut ve anlaması zor yapısıdır. Öğrencilere gerek sorularda gerekse dersteki etkinliklerde verilen durumlar onların daha önceki deneyimlerine oldukça uzaktır. Fotoelektrik olay konusunun öğretim aşamaları düşünülürse, öğrencinin deneyimlediği durum eksi yüklü bir elektroskop ile ışık etkileşimidir. Ancak belirsizlik ilkesine ait soruda ve öğretim aşamalarında elektronlarla yapılan kırınım deneyi verilmiştir ki verilen bu fiziksel durum öğrencilerin deneyimlerinden oldukça uzaktır. İkincisi ise öğrencilerin bazılarının sahip olduğu kendilerince açıklamasını kolay buldukları ön kavramlardır. Üçüncüsü ise bazı öğrencilerin ön kavramlarının bulunmayışı böylelikle zihinlerinde bilişsel çatışma oluşmamasıdır. Öneriler bölümünde bu duruma değinilecektir.

5.2 Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Fizik Dersi Motivasyon Anketi; özyeterlilik, fizik öğrenmenin değeri, etkili öğrenme stratejileri, başarı hedefi, öğrenme ortamı teşviki, iletişim ve işbirlikli çalışma, fizikle ilgili araştırma yapma boyutlarından ve bu boyutlarda yer alan toplam 38 maddeden oluşmaktadır. Likert tipi ölçekte öğrenciler maddelere kesinlikle katılıyorum, katılıyorum, fikrim yok, katılmıyorum, kesinlikle katılmıyorum seçeneklerinden birini işaretleyerek yanıt vermiştir.

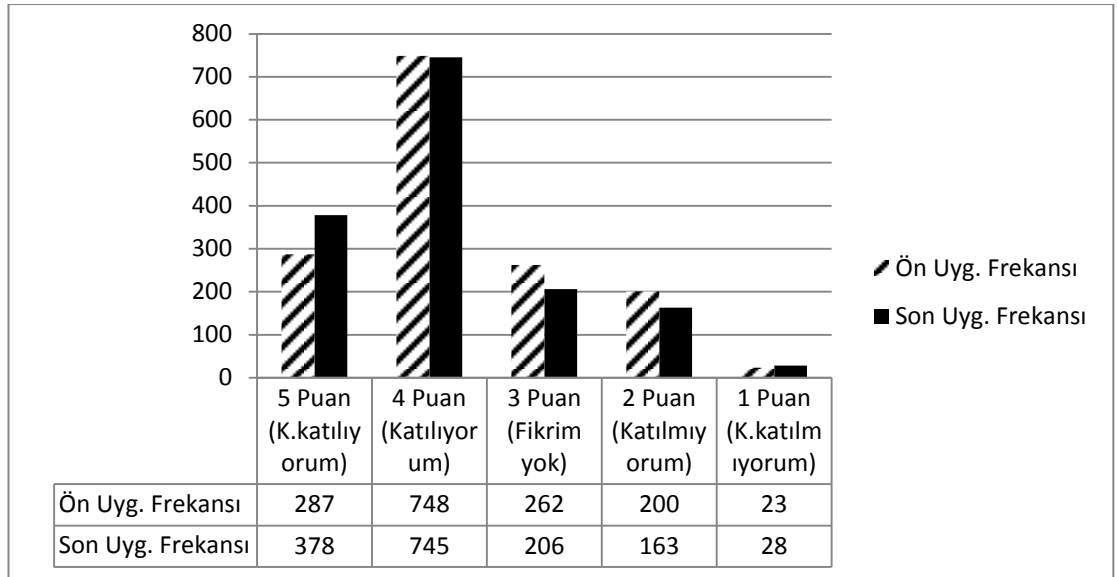
Yöntem bölümünde değinildiği gibi FDMÖ çalışma grubu öğrencilerine öğretim öncesi ve sonrasında uygulanmıştır. Öğrencilerin ölçekte işaretledikleri seçenekler puanlanmış, Microsoft Excel paket programına girilmiştir. Öğrenci yanıtlarına, "kesinlikle katılıyorum" seçeneğini işaretlediklerinde 5, "kesinlikle katılmıyorum" seçeneğini işaretlediklerinde ise 1 puan verilmiştir. Negatif anlamlı cümleler için bu puanlanmanın tam tersi yapılmış bu kez "kesinlikle katılmıyorum" seçeneğine 5, "kesinlikle katılıyorum" seçeneğine ise 1 puan verilmiştir.

Öğrencilerin yüksek puan almaları motivasyon düzeylerinin yüksek olması, düşük puan almaları ise motivasyon düzeylerinin düşük olması anlamına gelmektedir. Öğrencilerin ölçekten en düşük 38, en yüksek ise 190 puan

alabileceklerdir. Araştırma da bir hipotez testi yapılmadığı için öğrencilerin ön ve son uygulamada aldıkları puan toplamların karşılaştırmaya yönelik yordayıcı istatistikler kullanılmamıştır. Öğrencilerin işaretledikleri ve puan değeri 1, 2, 3, 4 ve 5 olan seçeneklerin ön ve son uygulamadaki frekansları hesaplanmıştır. Öğretim öncesindeki uygulamadaki 1 puan değerine sahip seçeneklerin öğretim sonrasında işaretlenme frekanslarının azalması, puan değeri 5 olan seçeneklerin işaretlenme frekansının artması araştırmanın motivasyon üzerindeki olumlu etkisini göstermiş olacaktır.

Öğrencilerin ön ve son uygulamada FDMÖ'deki maddelere verdikleri yanıtlara ait puanlar Microsoft Excel paket programında sayılmış, böylelikle puan değeri 1, 2, 3, 4 ve 5 olan yanıtların frekansları hesaplanmış ve aşağıda Grafik 5.1'de aktarılmıştır. Grafikte düşey eksen frekansı, yatay eksen ise seçeneklerin puan değerlerini göstermektedir. Kesikli çizgiler ile taranmış sütunlar öğretim öncesi ön uygulamayı, dolgu verilen sütunlar ise öğretim sonrası son uygulamayı göstermektedir.

Grafik 5.1: FDMÖ'deki maddelere verilen yanıtlarının frekans analizi.



Öğretim öncesine bakıldığında öğrencilerin 1 puan değerindeki seçenekleri işaretlemedikleri genel olarak 4 puan değerindeki seçenekleri işaretledikleri görülmektedir. Ön uygulamada 4 (yaklaşık %49) ve 5 (yaklaşık %19) puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı, toplam frekansın yaklaşık %68'ini

oluşturmuştur. Bu durum öğretim öncesinde öğrencilerin motivasyonlarının orta düzeyin üzerinde olduğunu göstermiştir. Öğretim sonrasında yapılan son uygulama araştırmadaki öğretimin öğrencilerin motivasyonlarını artırma noktasındaki başarısını apaçık ortaya koymuştur. Grafik 5.1'de görüldüğü gibi 1 ve 4 puan değerine sahip seçeneklerin işaretlenme frekansları dikkate alınacak bir değişiklik göstermemiştir. Ön uygulamadan son uygulamaya 2 ve 3 puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı azalmış, 5 puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı ise artmıştır. Bu durum öğrencilerin araştırmada uygulanan öğretimin öğrencilerin motivasyonlarını artırdığını açıkça ortaya koymuştur.

Bu durumu desteklemesi açısından öğrenci D31'in öğretim öncesi, öğretim aşaması ve öğretim sonrasındaki görüşme diyalogları aktarılacaktır. Öncelikle öğretim öncesi ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Fizik dersinde hangi etkinlikler öğrenmeni kolaylaştırıyor?

D31: Aslında fizik dersi severek bu bölüme geldim. Sorun sizden değil. Derste uygulamalar ve etkinlikler yapıyoruz. Deneyler yapıyoruz, açıklamalar yapıyoruz. Tek sorun bizlerin derslerine yeterince çalışmaması.

Araştırmacı: Fizik dersinde öğrendiğin bir takım kavramlar var. Bunları öğrendiğinden ne derece eminsin?

D31: Geçen sene atışlar vardı. Makara düzenekleri falan. Onlar ilgimi çekmişti. Görsel olarak gördüğüm konular olduğu için bu konularda kendimden daha eminim.

Araştırmacı: Görsel, somut unsurların öğrenmeni kolaylaştırdığını mı düşünüyorsun?

D31: Evet. Kendime güveniyorum. Ancak dağılmalar yaşayabiliyorum. Fazlaca hayal dünyasına dalabiliyorum. Motivasyonum da kopmalar yaşayabiliyorum.

Öğrenci dersi sevdiğini, görsel ve günlük hayata dayalı unsurları daha iyi öğrendiğini vurgulamaktadır. Ders içinde motivasyon düzeyinin azaldığı noktalardan söz etmektedir. Bu durumun öğrenmesi üzerinde olumsuz etki oluşturduğu düşüncesine sahiptir. Öğrenci ve araştırmacının öğretim aşamasında yapılan görüşmeye ait diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Modern fizik öğretimi yapıyoruz. Bu öğretim ile ilgili öncelikle senden genel bir bilgi almak istiyorum.

D31: Biliyorsunuz derse fazla katılmıyordum. Genelde de arka sıralardayım. Sınav öncesi çalışan bir öğrenciyim. Böylelikle sınavdan düşük alıyordum. Eskiden kendi fikrimi bile söylemeye korkuyordum. Arkadaşlarımın saçmalama demesinden korkuyordum.

Araştırmacı: Şu an da sınıftaki ortamının böyle olduğunu düşünüyor musun?

D31: Hayır. Şimdi herkes saçmalıyor (gülüyor). Kendime güvenim geldi. Şu an diğer arkadaşlara yetişebiliyorum. Kendime güvenim geldi.

Araştırmacı: Tartışma ortamı oluşmasının ne gibi katkıları var?

D31: Kafa yoruyoruz. Zihnimizi odaklıyoruz. Fikir ileri söylüyoruz. Yanlış olduğu ortaya çıkabiliyor. Ama aklımızda kalıyor. Neden yanlış olduğunu, başka birinin neden doğru olduğunu detaylıca inceliyoruz.

Araştırmacı: Grup çalışmaları yaptık. Arkadaşlarımızın fikrinin senin fikirlerini etkilediği bir durum oldu mu?

D31: Birbirimizi ikna etmeye çalışıyoruz. Arkadaşlarımızın doğru çıkabiliyor. Ama kendi fikrim aklımda olduğu için doğrunun yanında birçok yanlışın neden yanlış olduğunu öğrenmiş oluyoruz. Yanlış öğrenmek doğrunun kalıcılığını artırıyor. Sınıfımız 21 kişi. Bazı konularda 21 tane yanlış öğrenmiş oluyoruz.

Araştırmacı: Sınıfta çatışma yaşadığın noktalar oldu mu? Kesinlikle olmaz dediğin ve olduğunu gördüğün durumlar?

D31: Fotoelektrik olayda yaprakların kapanmasının mümkün olmadığını düşünmüştüm. Çünkü camın içinde güneş ışığına maruz kalan her şeyin yüklenmesi gerekeceğini düşünmüştüm. Ama videoyu izleyince ışığın elektroskoptaki yüke etki edebileceğini gördüm. Aslında kolay inanmam. Arkadaşlarıma da kolay inanmam. Ancak bendeki bilgi yeterli delil ve açıklamalarla kırılmaya başlıyor. Ancak o zaman bendeki fikir yenisi ile değişiyor. Bu durumu doğrudan siz söyleseydiniz inanmazdım. Mesela arkadaşım D23 demişti. En enerjik yıldızlar mavi yıldızlardır diye. Böyle deyince ben evet dedim. Siyah cisim ışımasında ilk değişimi bu şekilde yaşadım. Yine ocaktaki ateşin iç kısmının mavi, dış kısmının sarı gözükmesi gibi örnekler beni etkilemişti.

Öğretim aşamalarında öğrenci D31 kendisine daha çok güvenmeye başlayarak tartışmalara daha aktif katılmaya başladığını belirtmektedir. Ayrıca üst

biliş mekanizmasını kullanarak dersteki tartışma, grupla çalışma gibi yöntemlerin öğrenmesi üzerindeki olumlu katkılarını vurgulamaktadır. Verdiği örnekte arkadaşı D23'ün ileri sürdüğü "en enerjik yıldızlar mavi yıldızlardır" şeklindeki ifadesinin kendisinin kavramsal değişiminde nasıl olumlu etki yaptığını belirtmektedir. Yapılan öğretimin öğrencinin motivasyonu üzerinde olumlu etki yaptığı görüşme diyaloglarından anlaşılmaktadır. Öğrencinin öğretim sonrası son görüşmedeki diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Bu ders sana modern fizik kavramlarını öğrenmende yardımcı oldu mu?

D31: Frekans, dalgaboyu onları ben hiç bilmiyordum. Bu derste öğrendim. Daha önceden kalıcılık yoktu unutuyordum gidiyordu. Çoğu bilgiler aklımda. Kalıcı oldu...

Araştırmacı: Bu kalıcılığa ne sebep oldu sence?

D31: Biz başta merak ediyoruz. Hoca bir konu anlatırken ben bunu merak etmiyorum. Bir olay sunuyorsunuz, biz yorumlamaya başlıyoruz. İnsan doğruyu öğrenmek istiyor merak ediyor. İsteyerek öğrendiğinizi de unutmuyorsunuz.

Araştırmacı: Size modern fizikle ilgili bir testi uzun bir süre sonra uyguladığımı düşünürsek başarılı olacağından emin misin?

D31: Eminim. Geçen yıl benzer bir çalışma özel görelilik konusunda yapılmıştı. O konu ile ilgili hangi soruyu getirirseniz getirin yapabileceğimi düşünüyorum. Belki işlem gerektiren sorularda problem yaşayabilirim. Ama onlara da bir kez baksam hatırlarım. Uzayda yüksek hızlarla hareket edildiği durumlarda nesnelere küçük gözükeceği gibi durumların hepsini hatırlıyorum. Kendim isteyerek öğrendiğimde kalıcılık artıyor. Notlar artıyor. Moral olarak yükseliyor insan. Derse isteyerek, severek giriyor. Eskiden diğer başka dersleri daha çok severdim. Şimdi ise fizik dersini seviyorum.

Araştırmacı: Fizik dersine yönelik motivasyonunda bir değişiklik var mı?

D31: Kendimi başarılı hissettim. Sonraki derste de daha doğru cevap vermek için hırslanıyorsunuz. Doğru cevap vermeseniz de fikrinizi sunmanız güzel bir şey. Diğer derslerde fikirlerimizi sunamıyorduk.

Araştırmacı: Sınıf içinde ve grup içinde tartışmanın ne gibi faydaları var?

D31: Daha öncede söylediğim gibi doğruların yanında konuya ilişkin yanlışları da öğreniyoruz. Ayrıca birbirimizi ikna etmeye çalışıyoruz. Doğru bir sonuca birlikte varmanın heyecanını yaşıyoruz.

Öğrenci D31 derste merak duygusunu yaşadığını bu nedenle öğrenmesinin kalıcı olduğunu belirtmektedir. Öğretimden dolayı konuyu daha iyi anladığını böylelikle ders içinde kendisine olan güveninin arttığını belirtmektedir. Bu durumun kendisinin sonraki derste daha hırslı olarak katılmasına sebep olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca öğretim aşamalarındaki görüşmede belirttiği gibi öğretim sonrası görüşmede de tartışma yönteminin doğrunun yanında konu ile ilgili yanlış fikirleri de öğrettiğini, bu durumun ise öğrenmesini daha kalıcı hale getirdiğini ifade etmektedir. Öğrenci D31'in öğretime yönelik açıklamaları ile görüşme yapılan diğer öğrencilerin aynı yöndeki açıklamaları benzerlik göstermiştir. Öğrencilerden bazılarının son görüşmede öğretim ile ilgili ayrıca motivasyon düzeylerini işaret eden açıklamaları aşağıda örneklenmiştir.

Araştırmacı: Öğretim modern fizik kavramlarını öğrenmende sana yardımcı olabildi mi?

D23: Kesinlikle daha iyi öğrendim. Birkavram ortaya atılıyor ve herkes kendi fikrini söylüyor. Sonra bilimsel bilgi ile tanışıyorduk.

Araştırmacı: Dersin en güçlü yanı nedir?

D23: En güçlü yanı öğrenmenin kalıcı olması bence.

Araştırmacı: Öğretimin zayıf yanları var mı?

D23: Bence zayıf yanı yok. Ama kafamızı çok ağrıttıyordu. Çok yorum yapıyor ve düşünüyorduk. Beynimiz yoruldu. Kavramların ne olduğunu anlamaya çalışıyoruz. Sürecin uzaması da aslında yorucuydu ama öğrenme kalıcı hale geldi.

Araştırmacı: Sınıf içinde yaptığımız tartışmalar bir fayda sağladı mı sence?

D23: Demıştiniz ya hocam "kafanızda bir dengesizlik olur" diye. Gerçekten de önce bir dengesizlik oldu. Arkadaşlarımızın fikirleri de bazen buna neden oldu. Bu dengesizlik sonrası öğrenmek daha kalıcı hale geliyor. Dersten kopamıyorsunuz. Motivasyonunuz artıyor. Sürekli merak içinde olduğumuz için dersten kopamıyorum. Modern fiziği de ayrıca zevkli ve heyecanlı buldum.

Araştırmacı: Bilişsel çatışma yaşadığın noktalardan bahsedebilir misin?

D23: Elektronun çift yarık deneyinde yaşamıştım. İki çizgi beklerken birçok çizgi oluşmuştu.

Araştırmacı: Bilişsel çatışmayı yaşadığında ne hissettin. Bir kaygı ve endişemi yoksa başka bir şey mi?

D23: Aslında bir kaygı değildi. Dengesizliğin verdiği hoşnutsuzluktan bu. Sadece bir an önce öğrenmek istedim.

Öğrenci D23 de bilişsel çatışma yaşamının, bilimsel bilginin olabildiğince geç tanıştırılmasının motivasyonu yüksek düzeyde tuttuğunu belirtmektedir. Dersten kopmadığını, bilişsel çatışma yaşadığını anda ise bir endişe ya da kaygı hissetmediğini ancak bilimsel bilgiyi bir an önce öğrenmek istediğini ifade etmektedir. D23'ün bu ifadesi daha sonra sonuç ve öneriler kısmında tartışılacaktır.

Araştırmacı: Modern fizik kavramlarını öğrenmede öğretim sana yardımcı olabildi mi?

D4: Derse başlamadan önce biraz önyargım vardı. Geçen yılki modern fizik dersi çok soyut olduğunu için bazı noktalarda gerçekten sıkıntı yaşamıştım. Ama öğretim başladıktan aşırı bir zevk almaya başladım. Konunun içeriğinden, benim açımdan anlaşılır olmasından, günlük hayatta karşılaştığım şeylerle ilişkilendirilebilir olmasından kaynaklanıyor. Günlük hayatta konu ile ilgili bir şeyle karşılaştığımda hemen onunla ilgili bir yorum yapma ihtiyacı duyuyorum. Derse katılımımı, etraftaki olaylara daha farklı bir gözle bakmamı sağladı bu dersler.

Araştırmacı: Bu duruma bir örnek verebilir misin?

D4: Konu ile ilgili bir şey duyduğumda konu hakkındaki fikirlerimi hemen söylemek istiyorum. Dersin en güçlü yanı bence öğrenci ağırlıklı olmasıdır. Sıradan bir derste öğretmen anlatır, biz yazarız örnekler çözülür. Şimdi ise bu dersle ben kendimi bilim adamı gibi hissettim bir şeyleri araştırma hevesi oluştu, konunun başka kısımlarını daha detaylı kısımlarını da öğrenmek istedim. Daha önce siz gelecektiniz, konuyu anlatacaktınız, örnekler verecektiniz, testler çözecektik. Şimdi ise yarın fizik dersi mi var konu neydi acaba biz en son ne konuşmuştuk, eskiye gidip hatırlama ihtiyacı hissediyorum ve mutlu oluyorum.

Araştırmacı: Derste anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık noktasında yorumlar yaptık. Bunun faydası var mı sence?

D4: Kesinlikle oldu. Bizlerin örneğin belirsizlik ilkesi ile ilgili fikirleri vardı. Ama siz soru sorduğunuzda ses yok. Neden çünkü bilgiler sağlam temellere oturmamış. Size anlatmaya çalışıyorum. Akla yatkınlık açısından değerlendirmemi istiyorsunuz. Ancak ben bunu yapamıyorum. Bu çalışmalarını yapmamız, bizlere konunun gerçekte nasıl öğrenileceği konusunda da fikir vermiş oldu. Bizler için artık konuların

bilinmesi yeterli değil. Ben bu konuyu anladığımdan nasıl eminim sorusunu soruyoruz kendimize. Mantıklı gerekçeler öne sürdüğünüzde gerçekte bir konuyu anlamış oluyorsunuz.

Öğrenci D4 10.sınıf modern fizik ünitesinden kalan olumsuz bir ön yargısının bulunduğunu ancak araştırmadaki öğretimden aşırı zevk aldığını belirtmektedir. Sıradan bir derse gitmek ile araştırmada kullanılan öğretime gitmek arasında farklılık oluştuğunu ifade etmiştir. Günlük hayatta karşılaştığı durumları açıklamaya çalıştığını, konu ile ilgili bir konuşma duyduğunda fikirlerini söyleyerek konuşmaya katılmak istediğini vurgulamaktadır. Ayrıca konunun daha farklı ve detaylı yönlerini öğrenmek istediğini ifade etmiştir. Öğrencinin tüm bu açıklamaları öğretimin kendisinin fizik dersine yönelik motivasyon düzeyini artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte öğrenci D4 üst bilişsel stratejilerin önemini kavramış gözükmektedir. Öğrenci, belirsizlik ilkesi ile ilgili diyaloglarda görülen örneğinde üst bilişsel stratejilere yer verilmesinin kendisine bir bilgiyi gerçekten öğrendiğinden nasıl emin olabileceğini de öğrettiğini belirtmektedir. Öğrencinin yalnızca bu ifadesi, kendisinin üst biliş mekanizmasının aktive edilmiş halde olduğunu göstermekte, bu bağlamda öğretimin başarılarından birini daha ortaya koymaktadır.

5.3 Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeğinden Elde Edilen Bulgular

Fizik Dersi Tutum Ölçeği (FDYTÖ); fiziğe bakış açısı, fizik dersi ile ilgili çekinceler, fizikle ilgili gelişmeleri takip etme olmak üzere toplam üç boyuttan ve bu boyutlarda yer alan toplam 19 maddeden oluşmaktadır. Likert tipi ölçekte öğrenciler maddelere kesinlikle katılıyorum, katılıyorum, fikrim yok, katılmıyorum, kesinlikle katılmıyorum seçeneklerinden birini işaretleyerek yanıt vermiştir.

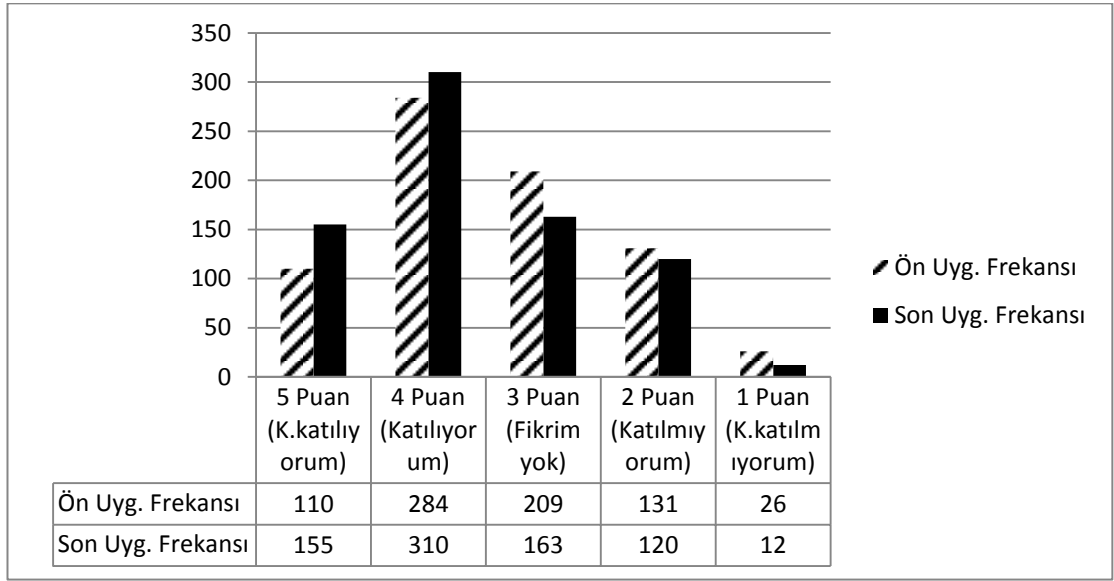
Yöntem bölümünde değinildiği gibi FDYTÖ çalışma grubu öğrencilerine öğretim öncesi ve sonrasında uygulanmıştır. Öğrencilerin ölçekte işaretledikleri seçenekler puanlanmış, Microsoft Excel paket programına girilmiştir. Öğrenci yanıtlarına, "kesinlikle katılıyorum" seçeneğini işaretlediklerinde 5, "kesinlikle katılmıyorum" seçeneğini işaretlediklerinde ise 1 puan verilmiştir. Negatif anlamlı cümleler için bu puanlanmanın tam tersi yapılmış bu kez "kesinlikle katılmıyorum" seçeneğine 5, "kesinlikle katılıyorum" seçeneğine ise 1 puan verilmiştir.

Öğrencilerin yüksek puan almaları fizik dersine yönelik tutumlarının yüksek olması, düşük puan almaları ise tutumlarının düşük olması anlamına gelmektedir. Öğrencilerin ölçekten alabileceği en düşük puan 19, en yüksek puan ise 95'tir. Araştırma da bir hipotez testi yapılmadığı için öğrencilerin ön ve son uygulamada aldıkları puan toplamların karşılaştırmaya yönelik yordayıcı istatistikler kullanılmamıştır. Öğrencilerin işaretledikleri ve puan değeri 1, 2, 3, 4 ve 5 olan seçeneklerin ön ve son uygulamadaki frekansları hesaplanmıştır. Öğretim öncesindeki uygulamadaki 1 puan değerine sahip seçeneklerin öğretim sonrasında işaretlenme frekansların azalması, puan değeri 5 olan seçeneklerin işaretlenme frekansının artması araştırmanın motivasyon üzerindeki olumlu etkisini göstermiş olacaktır.

Öğrencilerin ön ve son uygulamada FDYTÖ'deki maddelere verdikleri yanıtlara ait puanlar Microsoft Excel paket programında sayılmış, böylelikle puan değeri 1, 2, 3, 4 ve 5 olan yanıtların frekansları hesaplanmıştır ve aşağıda Grafik 5.2'de aktarılmıştır. Grafikte düşey eksen frekansı, yatay eksen ise seçeneklerin puan değerlerini göstermektedir. Kesikli çizgiler ile taranmış sütunlar öğretim öncesi ön uygulamayı, dolgulu verilen sütunlar ise öğretim sonrası son uygulamayı göstermektedir.

Öğretim öncesine bakıldığında öğrencilerin 1 puan değerindeki seçenekleri işaretlemedikleri genel olarak 3 ve 4 puan değerindeki seçenekleri işaretledikleri görülmektedir. Ön uygulamada 3 (%28) ve 4 (%37) puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı, toplam frekansın %65'ini oluşturmuştur. Bu durum öğretim öncesinde öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumlarının orta düzey ve orta düzeyin üzerinde olduğunu göstermiştir. Son uygulama araştırmadaki öğretimin öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumlarını olumlu yönde artırma noktasındaki başarısını açık ortaya koymuştur. Grafik 5.2'de görüldüğü gibi 1 puan değerine sahip seçeneklerin işaretlenme frekansları dikkate alınacak bir değişiklik göstermemiştir. Ön uygulamadan son uygulamaya 2 ve 3 puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı azalmış, 4 ve 5 puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı ise ciddi derecede artmıştır. Bu durumun öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumlarına, araştırmada uygulanan öğretimin olumlu yönde katkı yaptığına ilişkin önemli bir kanıt olduğu düşünülmektedir.

Grafik 5.2: FDYTÖ'deki maddelere verilen yanıtlarının frekans analizi.



Öğrencilerin derse yönelik tutumlarının olumlu yönde arttığı öğrenciler ile gerçekleştirilen son görüşmelerdeki ifadelerinden de anlaşılmaktadır. Öğrencilerin son görüşmelerdeki bazı ifadeleri aşağıda örneklenmiştir.

D31: Fizik dersini daha önce sevmezdim. Ancak şimdi derse katıldıkça kendime olan güvenim arttı. Fizik dersine artık daha istekli gidiyorum ve seviyorum.

D23: Fizik dersine karşı artık olumlu bakıyorum. Eskiden çok canım istemiyordu. Fizik dersine artık istekle gidiyorum severek giriyorum.

D4: Birşeyleri öğrenme hevesim arttı. Yarın fizik dersi mi var? Konu neydi, en son ne tartışmıştık diye düşünerek gidiyorum.

D2: Fizik derslerine gelirken biraz isteksizlik oluyordu. Aralıksız soru çözümü sıkıyordu. Ancak tartışma ortamı benim istekle derse gelmemi sağladı. Örneğin kaynak kitabı gördüğümde öğretim öncesinde saçma bir konu gibi gelmişti. Öğretimden sonra baktığımda öğrendiklerimin sadece bir özeti olduğunu anladım.

D21: Ders bende merak duygusunu artırdı.

D25: Derslerde benim çok uykum geliyordu. Öğretim boyunca hiç uykum gelmedi. Dersi derste anlamazdım ben. Bu kez dersi derste anladım. Modern fiziğe karşı da önyargılıydım. Ancak dersten sonra bu önyargım da kalktı. Derste çok eğlendim.

D9: Modern fiziği başardım. Mutlu oldum. Diğer konuları da başarabileceğimi inanmaya başladım.

Görüşme yapılan öğrencilerin ifadelerinden öğretime yönelik olumlu duygulara sahip oldukları anlaşılmaktadır. Öğretime yönelik tutumlarının olumlu yönde artışının fizik dersine yönelik tutumlarını da olumlu yönde etkilediği yine öğrencilerin ifadelerinde açıkça görülmektedir. Grafik 5.2 ve son görüşmelerdeki öğrencilerin ifadeleri, araştırmada uygulanan öğretimin öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumlarını olumlu yönde artırdığı sonucunu açıkça göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Bu bölümde araştırmada kullanılan veri toplama araçlarından MFKT, yarı yapılandırılmış görüşmeler, FDMÖ ve FDYTÖ'den elde edilen sonuçlar özetlenecek, yorumlanacak ve sonuçların alan yazındaki başka araştırmalarda elde edilenler ile ilişkisi kurulmaya çalışılacaktır.

6.1 Öğrencilerin Modern Fizik Kavramlarına İlişkin Düşüncelerine Ait Sonuçlar

Giriş bölümünde görülen araştırma sorularının ilki; “Çalışma grubundaki öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerinde, önerilen öğretim modeli ne derecede etkili olmuştur?” şeklindedir. Bu bölümde birinci araştırma sorusuna yanıt verilmeye ve öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra öğrencilerin modern fiziğe yönelik kavramsal değişimleri değerlendirilmeye çalışılacaktır. Ayrıca araştırmada elde edilen sonuçlar ile bu araştırma ile ilgili başka araştırmalarda elde edilen sonuçlar ilişkilendirilecektir. Daha önce Modern Fizik Ünitesinin; 1) Işığın Tanecik Modeli, 2) Maddesel Parçacıkların Dalga Özelliği ve 3) Atom Modelleri olmak üzere üç alt başlıktan oluştuğu belirtilmişti. Araştırmanın MFKT'den elde edilen sonuçları, belirtilen bu üç başlıkta incelenecektir.

6.1.1 Işığın Tanecik Modeline İlişkin Sonuçlar

Yöntem bölümünde belirtildiği gibi MFKT'deki 1, 2, 3, 4 ve 5. sorular ışığın tanecik modeli üzerinedir. MFKT'deki birinci soru fotoelektrik olay, ikinci soru Compton olayı, üçüncü soru ışığın ikili doğası, dördüncü sorusu siyah cisim ışıması ve beşinci soru ışığın momentuma sahip olması üzerine sorulmuştur.

Ön testte, öğrencilerin birinci soruya verdiği yanıtlar, modern fizik konularından fotoelektrik olaya ilişkin bilimsel olarak kabul edilebilir bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Ön testte, bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmazken, pek az öğrenci de (%7,5) modern fiziğe dayalı

ancak bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Bu öğrenciler ile gerçekleştirilen ön görüşmeler, onların önceki eğitim öğretim yılında (2011/2012) kimya dersi atomun yapısı ünitesinden hatırladıkları bilgiler ile yanıt verdiklerini göstermiştir. Örneğin D24 öğrencisi ön testte modern fiziğe dayalı yanıt verirken, ön görüşmede araştırmacının sorduğu sorulara karşılık klasik fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Ön testte öğrenciler, Fotoelektrik olaya ilişkin birinci soruya büyük çoğunlukla (%62,5) klasik fiziğe dayalı ve bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren bu öğrenciler iki alt grupta toplanmıştır. İlk gruptaki öğrenciler ışığın elektrikçe nötr olduğunu bu nedenle yüklü elektroskoba etki edemeyeceğini düşünmektedir. İkinci gruptaki öğrenciler de ışığın protonlar, elektronlar ya da yüklerden oluştuğunu bu nedenle yaprakların açılması ya da kapanması şeklinde elektroskobu etkileyebileceğini düşünmektedirler. Bu iki alt gruptaki yanıtlar her ne kadar birbirinden farklı olsa da önemli bir ortak yanları vardır ki; bu da her iki grubunda elektroskobun yükünün ancak yüklü başka bir cisim ile değiştirilebileceğini düşünmeleridir. Ön testteki yanıtlarda görülen ve *yüklü ışık* diye adlandırılacak kavram yanılgısı bu araştırmada öncesinde Steinberg, Oberem ve McDermot (1996) ile Steinberg ve Oberem'in (2000) çalışmalarında da tespit edilmiştir. Aşağıdaki Tablo 6.1'de fotoelektrik olay ile ilgili alan yazında ve bu araştırmada ortak olarak karşılaşılan kavram yanılgıları ile yalnızca bu araştırmada karşılaşılan kavram yanılgıları verilmiştir.

Fotoelektrik olay ile ilgili birinci sorunun son test analizlerine bakıldığında öğrencilerin %90'ının bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmektedir. Sıcak kavramsal değişim için önerilen öğretim modelinin öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Öğrencilerin %10'u da modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Bu öğrenciler daha çok fotosel düzeneğinde öğrendikleri bilgiler ile MFKT'deki birinci soruda verilen fiziksel durumu birbirine karıştırmıştır. Örneğin D19 öğrencisi sorunun (a) bölümüne “şiddet artarsa daha fazla elektron kopar” şeklinde bir ifade ile yanıt vermiştir. Oysa ki; sorudaki düzenekte henüz elektron kopmamıştır. Bu durum Dole ve Sinatra'nın (1998) BBYYM'de ve Gregoire'in (2003) KDBDM'de merkezi ve çevresel rota işlemini ya da derin ve yüzeysel işlemelemeyi dikkate almalarındaki haklılıklarını göstermiştir. Öğrenci, fotosel düzeneğinde şiddetin artması ile birlikte kopan elektron

sayısının artması ilişkisinden hareketle yüzeysel rota işlemi ile kısa kestirmeler yaparak soruya yanıt vermektedir. Bununla birlikte son testte verilen yanıtlar içinde en ciddi anlamda kavram yanılgısı içeren ifadeler öğrenci D40'a aittir. Öğrenci fotoelektrik olayın gerçekleşebilmesi için ışığın belirli bir şiddete sahip olması gerektiği yönünde açıklamalar içeren bir yanıt vermiştir. Öğrenci frekans ile şiddet kavramlarını karıştırmaktadır. Şiddet ve frekansın birbirine karıştırılması durumuna Steinberg, Oberem ve McDermot (1996), Steinberg ve Oberem (2000) ile McKagan ve arkadaşları (2008) gibi çalışmalarda da rastlanmıştır. Ön testte klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin son testte bütünüyle düşüncelerini değiştirdikleri görülmektedir.

Tablo 6.1: Fotoelektrik olay ile ilgili tespit edilen kavram yanılgıları.

Uygulama	Alan Yazın + Bu araştırma	Yalnızca bu araştırma
Ön test ve görüşme	<i>Işık yüklüdür. Işık elektronlardan oluşur. Işıқта protonlar bulunur. Işığın şiddetinin artması genliğinin artmasıdır.</i>	<i>Işık yüksüzdür yüke etki etmez Frekansın artması ile şiddetin artması aynı şeydir Işın frekansının artması foton sayısının artmasıdır Frekans 1 saniyede geçen foton sayısıdır Işığın rengi değiştirilerek şiddeti artırılabilir Var olan metal ışıktan etkilenmiyorsa başka metal de etkilenmez</i>
Son test ve görüşme	<i>Işığın elektron kopabilmesi için belli bir şiddete sahip olması gerekir. Bir foton iki elektron koparabilir.</i>	<i>(Işığın elektron koparamadığı durum için) Işığın şiddetinin artması ile kopan elektron sayısı artar. Işığın frekansının artması yalnızca elektronun hızını artırır. Elektron kopmasına neden olamaz.</i>
Gecikmiş son test ve görüşme	<i>Şiddetin artmasıyla elektron kopmaya başlar. Frekansını artırmak metal levha üzerinde etki yapmaz.</i>	<i>Işığın şiddeti artırıldığında kopan elektron sayısı artar ampermetrenin gösterdiği değer artar. Frekansın artırılması elektronların enerjisini yani hızını artırır. Bu yüzden akım oluşmaz. Metalin iletkenlik katsayısı değiştirilirse mümkün olabilir. Metalin cinsi akım varsa etkilidir. Akım yoksa metalin cinsi etki yapmaz.</i>

Son testle birlikte gecikmiş son testte de klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenci bulunmaması öğretimin öğrencilerin kavramsal değişimlerine yardımcı olma noktasındaki başarısını göstermiştir. Gecikmiş son testte öğretimin üzerinden beş ay geçmesine ayrıca soru değiştirilerek sorulmasına rağmen öğrencilerin %67,5'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Bu durum araştırmada önerilen modele göre yapılan fotoelektrik olay öğretiminin öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerinde olumlu etki yaptığını sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte zamanın kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan öğrencilerdeki olumsuz etkisi de gecikmiş test ile belirgin hale gelmiştir. Öğrencilerin %25'i modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtlarından 1) Frekans ile şiddet kavramını birbirine karıştırdıkları, 2) Yüzeysel işleme ile henüz fotoelektrik olay gerçekleşmemişken şiddeti artırmanın kopan elektron sayısının artacağını düşündükleri anlaşılmaktadır.

Ön testte, öğrencilerin Compton olayına yönelik ikinci soruya verdikleri yanıtlar onların büyük çoğunluğunun (%92,5) bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Ön testte öğrencilerin yalnızca %7,5'i "*Elektronlara çarpan X ışınları saçılmıştır*" şeklinde bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilecek bir yanıt vermiştir. Ön görüşmede öğrencilerden D21, X ışınlarının protonlardan oluştuğu, böylelikle atomun çekirdeğinden saçılmaya uğrayabileceği yönünde ifadeler kullanmıştır. Ön testte öğrencilerin %10'u Tablo 6.2'de görülebilen modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile ön görüşme yapılan öğrenci D12, X ışınlarının çekirdekte yansıma fikrini 10.sınıfta kimya dersinde izlediği simülasyona dayandırmaktadır. Daha sonraki görüşmelerde bu simülasyonun Rutherford'un gerçekleştirdiği alfa taneciklerinin altın levhadan saçılma deneyi olduğu anlaşılmıştır. Öğrenci çekirdeğin yanından geçen alfa taneciklerinin saçılması ile X ışınlarının saçılmasını benzeterek açıklama yapmaya çalışmaktadır. Ön testte öğrencilerin %27,5'i klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin açıklamalarında *yüklü ışık* fikri savunulabilmektedir. Ön testte öğrencilerin %30' u da "*Karbondaki elektronların oluşturduğu manyetik alan X ışınlarını etkileyebilir*" şeklinde daha çok tahminlere dayanan yanıtlar vermiştir. Genel olarak ön teste bakıldığında öğrencilerin Tablo 6.2' de görülen kavram yanlışlarına sahip oldukları

görülmektedir. X ışınlarının çekirdekten yansıma fikri oldukça ilgi çekicidir. Çekirdekten yansıma fikrine sahip olanlar aslında iki alt grupta toplanmıştır. İlk grup X ışınlarının protonlardan oluştuğu için çekirdekten etkileneceğini düşünürken, ikinci grup 10.sınıf kimya dersi atomun yapısı ünitesinde izledikleri Rutherford'un altın levha deneyini kullanarak Compton saçılması deneyini açıklamaya çalışmaktadır.

Tablo 6.2: Compton olayı ile ilgili tespit edilen kavram yanlışları.

Uygulama	Alan Yazın + Bu araştırma	Yalnızca bu araştırma
Ön test ve görüşme	<i>X ışınları protonlardan oluşur çekirdek tarafından itilerek saçılırlar.</i> <i>Yüksek enerjili X ışınları elektronlardan oluşur karbonun elektronları tarafından itilerek saçılırlar.</i>	<i>Çekirdeğe çarpan X ışınları saçılır.</i> <i>Çekirdeğin yakınından geçen X ışınları saçılır</i> <i>X ışınları atomun çekirdeğine çarpıp yansımıştır.</i> <i>Elektronlara çarpan ışıkları sapar ve çarpan X ışınlarının enerjileri artarak dalgaboyları artabilir.</i> <i>X ışınları atomların içindeki elektron ya da protonlara çarparak yön değiştiriyor olabilir.</i> <i>Işığın daha fazla yol alması dalgaboyunun artması demektir</i> <i>Karbon atomları X ışınlarından elektron alırsa saçılırlar elektron almazsa saçılma olmaz.</i> <i>Karbon atomunun elektronlarının oluşturduğu manyetik alan X ışınlarını etkileyebilir.</i>
Son test ve görüşme	-	<i>Çekirdeğe çarpan X ışınları saçılır.</i> <i>Çekirdeğin yanından geçen X ışınları saçılır.</i>
Gecikmiş son test ve görüşme	-	<i>Çekirdeğe çarpan X ışınları saçılır.</i> <i>X ışınlarının elektrona çarpıp saçılması fotoelektrik olaydır.</i> <i>Fotoelektrik olay ile Compton olayı aynıdır.</i> <i>Çekirdeğe çarpan ya da yakınından geçen X ışınları saçılmıştır.</i>

Compton olayı ile ilgili ikinci sorunun son test analizleri öğrencilerin %67,5'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdiklerini göstermektedir. Bilimsel olarak kabul edilemez yanıt veren öğrencilerin tümünün (%32,5) yanıtı ise modern fiziğe dayalıdır ve yanıtların neredeyse tümü X ışınlarının çekirdeğe çarpan ya da yakınından geçenlerinin saçılmaya uğrayacağı düşüncesini içermektedir. Bulgular bölümünde de değinildiği gibi Rutherford'un altın levha deneyi öğrencilerin zihinsel yapılarında karmaşaya neden olabilmektedir. Öğretim sonrasında X

ışınlarının çekirdekten yansıma fikrine sahip olan öğrenciler de iki grupta toplanmaktadır. İlk grup; öğrenci D21 gibi yapılan öğretimle bilimsel görüş konusunda ikna edilemeyen öğrencilerden oluşurken, ikinci grup başlangıça X ışınlarının çekirdekten yansıması gibi bir fikre sahip olmayıp öğretim sonrasında bu fikre inanmaya başlayan öğrencilerden oluşmaktadır. Öğretim sonrasında öğrencilerin ifadelerinde rastlanan tek kavram yanlışlığının da “Compton saçılmasında X ışınları çekirdekten yansır” olduğu ayrıca belirtilmelidir. Bununla birlikte öğrenci D12 gibi birçok öğrenci de ön test ve görüşmede ikinci soruya ısrarla Rutherford altın levha deneyi ile açıklamaya getirmeye çalışırken, son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt verebilmiştir. Gecikmiş son testte öğrencilerin %72,5’i gibi büyük bir çoğunluğu MFKT’deki Compton olayı ile ilgili ikinci soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin %12,5’i de modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden ve yine çekirdeğe çarpan ya da yakınından geçen X ışınlarının saçılması mantığına dayanan yanıtlar vermiştir. Gecikmiş son testte öğrencilerin ifadelerinde rastlanan kavram yanlışları Tablo 6.2’de görülmektedir. X ışınlarının çekirdekten yansıması fikrine dayanan yanıtların yüzdesi gecikmiş son testte azalmıştır. Bu noktada öğrenci D21’in kavramsal değişim süreci önem taşımaktadır. Öğrenci son testte X ışınlarının çekirdeğe çarpıp yansımasına dayanan yanıt verirken, son görüşmede kendisine Compton olayı sorulduğunda bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Görüşmede testte ve görüşmede verdiği yanıt arasında çelişki olduğu söylenince bu kez görüşmede de X ışınlarının çekirdeğe çarpıp yansıma yapacağı fikrini savunmaya başlamıştır. Belli ki öğrenci öğretimden hemen sonra Rutherford’un alfa deneyi ile Compton saçılması arasında karmaşa yaşamaktadır. Ancak gecikmiş son test ve görüşmeye bakıldığında öğrencinin bilimsel olarak tam doğru yanıt verdiği görülmektedir. Vosniadou (1994) ile Vosniadou ve Ioannides (1998) gibi çalışmalarda kavramsal değişim teorisinin ani değişim gerektiren yapısının eleştirildiği daha önce belirtilmişti. Öğrenci D21’in kavramsal değişim süreci bu araştırmacıların eleştirilerinde haklılık payına sahip olduklarını göstermektedir. Öğrenci, Thagard’ın (1992) anlatımıyla öğretimden hemen sonra dallar arasında gezinti yaparken, öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra ağaç değiştirmiştir. Bu durum kavramsal değişimin kimi öğrenciler için daha fazla deneyim ve zaman gerektiren bir süreç olduğunu da göstermiştir. Bununla birlikte, analizlerden ortaya çıkan tabloya daha geniş bir açıdan bakıldığında, öğretim öncesinde öğrencilerin %92,5’inin bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar

verirken, öğretim sonrasında ise %67,5'inin, öğretimden uzunca bir süre sonra uygulanan gecikmiş son testte de %72,5'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermeleri Posner ve arkadaşlarına (1982) ait KDT'nin eleştirilere rağmen öğrenmede ne derece ciddi bir kuram olduğunun göstergesidir. Öğrenci D21'in kavramsal değişim süreci gibi istisna durumlarla karşılaşılsa da öğretim sonunda kavramını bilimsel görüşe doğru değiştirmiş ve yeni kavramının son testten gecikmiş son görüşmeye kadar ki süreçte ısrarla savucusu olmuş öğrenciler, bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar veren öğrencilerin çoğunluğunu oluşturmuştur.

MFKT'deki ışığın ikili doğasına ilişkin üçüncü sorunun ön test analizlerine bakıldığında öğrencilerin ışığın dalga özelliği göstermesinden haberdar olduklarını ortaya koymuştur. Işığın dalga modeli fizik dersi kapsamında 12.sınıfta öğretilirken, öğrenciler; 10.sınıf kimya dersi atomun yapısı ünitesi içinde ışığın dalga özelliği gösterdiği olayları (çift yarıktaki girişim, tek yarıktaki kırınım v.b) öğrenmişlerdir. Bu nedenle ön testte öğrencilerin %17,5'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt verebilmiştir. Bununla birlikte öğrencilerin %40'ı gibi büyük bir çoğunluğu da ışığın hem dalga hem de parçacık olduğunu belirtmiş ancak bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yapamamıştır.

Ön testte öğrencilerin %82,5'i bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt verirken, son teste bakıldığında öğrencilerin %75'inin, gecikmiş son testte de %85'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmektedir. Sonuç olarak öğretimin öğrencilerin ışığın ikili doğasına yönelik kavramsal değişimlerine onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğu görülmüştür. Öğrencilerde ön testte *“Işık yüklü olduğu için taneciktir, güneş ışığının bulutlar arasından geçerken oluşturduğu şekil dalga olduğunun ispatıdır, Çift yarık deneyi ışığın tanecik olduğunu ispatlar”* şeklinde kavram yanılgıları tespit edilmiştir. Son test ve gecikmiş son testte *“Tek yarık deneyi ışığın parçacık özelliğinin kanıtıdır, siyah cisim ışıması ışığın dalga özelliği ile açıklanır, Genel görelilik kuramına göre ışığın gezegen yakınlarından geçerken bükülmesi parçacık olduğunu gösterir”* şeklinde kavram yanılgıları tespit edilmiştir. Öğrencilerin ışığın ikili doğasına yönelik sahip olduğu kavram yanılgıları detaylıca Tablo 6.3' te verilmiştir.

Tablo 6.3: Işığın ikili doğası ile ilgili tespit edilen kavram yanılgıları.

Uygulama	Alan Yazın + Bu araştırma	Yalnızca bu araştırma
Ön test ve görüşme	<i>Işık yüklü olduğu için taneciktir.</i>	<i>Çift yarık deneyi ışığın tanecik olduğunu ispatlar Dalga olması ışığın şiddetinin olması, parçacık olması da kırılmasıdır. Işık hem doğrusal hem de dalgalar halinde yayılır. Işık dalga hareketi gösteren tanecikli yapıdır. Işık dalga olsaydı gölge diye bir şey olmazdı. Milikan'ın yağ damlacıkları deneyi ışığın parçacık olduğuna örnektir. Işık doğrusal ve düz yayılır. Dalgalar halinde yayılmaz.</i>
Son test ve görüşme	-	<i>Tek yarık deneyi ışığın parçacık özelliğinin kanıtıdır. Siyah cisim ışıması ışığın dalga özelliği ile açıklanır. Genel görelilik kuramına göre ışığın gezegen yakınlarından geçerken bükülmesi parçacık olduğunu gösterir.</i>
Gecikmiş son test ve görüşme	-	<i>Siyah cisim ışıması ile ışığın dalga olduğu kanıtlanır.</i>

MFKT'deki siyah cisim ışıması ile ilgili dördüncü sorunun ön test analizlerine bakıldığında, yalnız bir öğrencinin (%2,5) kısmen doğru yanıt verdiği, diğer öğrencilerin ise bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt verdikleri görülmektedir. Öğrencilerin %17,5'i modern fiziğe dayalı, %35'i klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Modern fiziğe dayalı yanıtlar genelde ısıtılan bir cismin renginin değişebileceğine yönelik olmakla birlikte yanlış ifadeler içermektedir. Örneğin öğrenci D23 soruda verilen durumu, daha önce öğrendiği yaşlı ve genç yıldızların renkleri üzerinden yorumlamaya çalışmıştır. D23' de görüldüğü gibi öğrencilerin sıcak ve soğuk kavramlarını ışığın renkleri ile ilişkilendirebildikleri Corvalho ve Sousa (2006) tarafından da belirtilmektedir. Klasik fiziğe dayalı yanıtlar genelde “ısıtılan metalin içinde biriken enerjinin dışarıya yayılmaya başlaması, metalin ısındıkça ışığı yansıtmaya başlaması ya da metalin yanmaya başlaması” şeklinde açıklamalar içermektedir. Ön görüşmelerde öğrencilere “sobanın üzerine demir parçası konulup kısa bir süre bekletilirse demirden ışımaya yayılır mı?” sorusu yöneltilmiştir. Ön görüşme yapılan 14 öğrencinin 13'ü bu demir parçasından hiçbir

şekilde ışıma yayılmayacağını, ışımının olması için bir sınır olduğunu ifade etmiştir. Öğrenciler mutlak sıfır noktası üzerindeki tüm cisimlerin ışıma yapabileceklerine ilişkin bir kavramsal anlamaya sahip değildir. Bir öğrenci ise mutlak sıfır haricinde tüm sıcaklıklarda maddelerin ışıma yapabileceğini belirtmiştir. Ön testte öğrencilerin %32,5'i de sezgisel yanıt vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtlarına en güzel örnek öğrenci D19'un yanıtıdır. Öğrenci metal ısıtıldıkça atomlar arasındaki mesafenin artacağını bu boşluklara ateşin gireceğini ve ateşin kendi rengini metale vermeye başlayacağını düşünmektedir. Buna dayalı olarak metalin ancak ateşin renginde gözükebileceğini belirtmektedir. Son testte öğrencilerin %82,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Araştırmada önerilen öğretim modeline göre tasarlanan siyah cisim ışımasına ilişkin öğretimin öğrencilere kavramsal değişimlerinde yardımcı olabildiği görülmüştür. Bununla birlikte gecikmiş son testte ilgili soru değiştirilerek sorulmuş ve öğretim üzerinden beş ay geçmiş olmasına rağmen öğrencilerin %70'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiş olmaları öğretimin öğrenmenin kalıcılığını da sağladığını göstermiştir. Son testte ve gecikmiş son testte öğrencilerde *“Sarı demirin kırmızı gözükmesi için daha da ısıtılması gerekir, Siyah cismin sıcaklığı artarsa enerjisi artar şiddeti sabit kalır, Metal üzerinde biriken enerji belirli bir değeri aştığından dolayı metal dışarıya ışıma yapmaya başlar”* şeklinde kavram yanılgıları tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi son ve gecikmiş son testte öğrencilerin öğrenme gücü çaktığı iki durum bulunmaktadır. İlki bazı öğrenciler öğretim sonrasında halen metalin ışıma yapması için belirli bir sıcaklık değeri olduğuna inanmaktadır. Bu öğrencilerin mutlak sıfırın üstündeki her sıcaklıkta ışıma olabileceği yönünde ikna olmadıkları görülmektedir. Öğrencilerin güçlük yaşadığı ikinci nokta ise Wien Kayma Yasasını uygulanmasıdır. Öğrencilerden bazıları sıcaklık arttığında maviden kırmızıya doğru kayma olacağını ifade ederken, bazıları da kayma yasasını foton enerjisine benzetmekte *“sıcaklık artarsa enerji ve frekans artar, dalgaboyu azalır, şiddet ise sabit kalır”* şeklinde açıklama yapmaktadır. Bu öğrencilerin siyah cisim ışımasına ait şiddet ve dalgaboyu grafiğini yüzeysel işlemleyerek zayıf kavramsal değişim yaşadıkları anlaşılmıştır. Öğrencilerin genellikle siyah cisme ait şiddet – dalgaboyu grafiğini açıklamakta zorlandıkları Ejigu'nun (2014) çalışmasında da ifade edilmektedir.

Tablo 6.4: Siyah cisim ışıması ile ilgili tespit edilen kavram yanlışları.

Uygulama	Alan Yazın + Bu araştırma	Yalnızca bu araştırma
Ön test ve görüşme	-	<i>Demir daha fazla ısıtılırsa kırmızı renkte ışık yayabilir. Demirin etrafına ışık yayması için belirli bir sıcaklık değerine kadar ısıtılması gerekir. Kısa bir süre ısıtılan demirden hiç ışımaya yayılmaz. Demirin ışımaya yapması O₂ ile yanması ile mümkündür. Demir ısı etkisi ile plazma haline geçtiğinden ışımaya yapmaktadır. Her elementin yanınca yapacağı bir ışımaya vardır. Demirden başka renkte ışık çıkmaz.</i>
Son test ve görüşme	-	<i>Sarı demirin kırmızı gözükmesi için daha da ısıtılması gerekir. Siyah cismin sıcaklığı artarsa enerjisi artar şiddeti sabit kalır. Metal üzerinde biriken enerji belirli bir değeri aştığından dolayı metal dışarıya ışımaya başlar</i>
Gecikmiş son test ve görüşme	-	<i>Siyah cismin sıcaklığı artarsa dalgaboyu da artar. Siyah cismin sıcaklığı ile ışımaya şiddeti arasında bir ilişki yoktur.</i>

Tanecik modeli alt başlığında ışığın momentuma sahip olmasına ilişkin MFKT’de sorulan beşinci sorunun ön test analizleri, öğrencilerin %95’i gibi büyük bir çoğunluğunun bilimsel olarak kabul edilebilir bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. İki öğrenci (%5) bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiş olsalar da kendileri ile yapılan ön görüşmeler bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Bununla birlikte modern fiziğe dayalı yanıtlarda bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtların pek az bir yüzdesini (%5) oluşturmuştur. Sonuçları aktarılan önceki sorularda olduğu gibi beşinci soruda da ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin yüzdesi (%50) hayli yüksektir. Öğrenciler ışığın tanecik modeli ve dolayısıyla ışığın momentuma sahip olması noktasında modern fiziğe dayalı kavramlara sahip olmadıklarından kendilerine en yakın gelen zihinlerinde güçlü köklere sahip klasik fiziğe dayalı kavram ve yasaları kullanarak açıklama yapmaya çalışmaktadır. Ön test ve görüşmelerde yanıtların genel olarak “ışığın elektron yüklü olmasına, ışığın protonlardan oluşmasına, yüklü ışığın itme çekme kuvveti doğurmasına”

dayandırıldığı ve bu şekilde metal levhaların dönmesinin açıklanmaya çalışıldığı görülmüştür. Bununla birlikte öğrenciler, klasik fiziğe dayalı olarak “ışığın sahip olduğu enerji metal levhaların hareket enerjisine dönüşmüştür” şeklinde, aslında yaprakların dönmesini açıklamayan, olayı yalnızca enerjinin korunumu ile açıklamaya çalışan açıklamalar yapmışlardır. Ön testte öğrencilerin %32,5’i soruyu herhangi bir yasaya ya da kavrama dayanmadan sezgileri ile açıklamaya çalışmıştır.

Öğrencilerin son testte %77,5’i, gecikmiş son testte ise %90’ı soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin modern fiziğe dayanan ve ışığın momentuma sahip olmasına ilişkin ön kavramları bulunmazken, son ve gecikmiş son testte öğrencilerin büyük bir çoğunlukla kavramlarını değiştirdikleri ve bilimsel görüşle uyum gösteren yeni kavramlara sahip oldukları görülmüştür. Son testte (%7,5) ve gecikmiş son testte (%5) modern fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin ışığın momentuma sahip olması fikrine sahip oldukları bununla birlikte bilimsel bir açıklama yapamadıkları görülmüştür. Öğrencilerin %10’u son testte ve %2,5’i gecikmiş son testte, gerek bilişsel çatışma yaşayamadıklarından gerekse öğretim aşamalarında yeterince ikna edilemediklerinden klasik fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Klasik fiziğe dayalı yanıtların içeriği incelendiğinde *yüklü ışık* fikrinin terk edildiği görülmektedir. Son ve gecikmiş son testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenciler yalnızca metal levhaların dönüşünü enerjinin korunumu ile açıklamışlar ve yanıtlarında “ışık enerjisi hareket enerjisine dönüşmüştür” şeklinde açıklamalara yer vermişlerdir.

Chan ve arkadaşları (1997), Dykstra ve arkadaşları (1992), Dreyfus ve arkadaşları (1990) gibi çalışmalarda, öğrencilerin bazı durumlarda anlamlı bilişsel çatışmayı oluşturamadıkları rapor edilmektedir. Özellikle ilk beş sorunun son ve gecikmiş son test analizlerinden görüldüğü gibi öğrenciler bilişsel çatışma yaşayarak *yüklü ışık* kavramını terk etmiş bunun yerine yalnız *enerji paketlerinden oluşan ışık* kavramını savunmaya başlamıştır. Ancak beşinci sorunun son ve gecikmiş son test analizlerinde görüldüğü gibi bazı öğrenciler klasik fiziğe dayalı kavramlarından hoşnutsuz hale geçmemiş ve kavramsal değişimi yaşayamamıştır. Scott ve arkadaşlarının (1992) çalışmalarında ise anlamlı bilişsel çatışma oluşsa bile sonuçta kavramsal değişimin kesin olmadığı öne sürülmektedir. Dole ve Sinata (1998) ile Gregoire (2003) geliştirdikleri kavramsal değişim modellerinde kavramsal değişimin

olası sonuçlarını zayıf ve güçlü olarak sınıflamıştır. Bu araştırmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Beşinci soru ile ilgili bir örnek olarak; öğrenci D35 soruya ön testte yüklü ışık fikrini içeren ve klasik fiziğe dayalı yanıt verirken, son ve gecikmiş son testte metallerin dönüşünü fotoelektrik olay ile yapraklardan elektron kopmasına dayandırdığı açıklamaları ile yanıt vermektedir. Öğrencide kavramsal değişim oluşmamıştır demek doğru gözükmemektedir. Ancak değişimin istendik yönde olmadığı açıktır. Bununla birlikte son ve gecikmiş son testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin durumu da Scott ve arkadaşlarının (1992) bilişsel çatışmaya yönelik eleştirilerini haklı kılmaktadır. Öğrencilerden bazıları da zayıf kavramsal değişim yaşamış ve ışığın momentuma sahip olmasına yönelik kavram değişimini yaşamış olmakla birlikte verilen durumlarda uygulama gücünü yaşamaktadır. Genel olarak bakıldığında ise araştırmada önerilen sıcak kavramsal değişim için öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal değişimi güçlü olarak yaşamaları noktasında onlara yardımcı olduğu görülmektedir.

6.1.2 Maddesel Parçacıkların Dalga Özelliğine İlişkin Sonuçlar

Modern fizik ünitesinin alt ana başlıklarından olan maddesel parçacıkların dalga özelliği göstermesi ile ilgili MFKT'deki dokuzuncu sorunun ön test analizleri ile öğrencilerin yalnızca %5'inin elektronun ikili doğasına yönelik bilimsel olarak kısmen kabul edilebilir fikirlerinin olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu öğrencilerden biri elektronların ışıma yapmalarını dalga özelliği için kanıt göstermiştir. Diğerleri de çift yarıktaki girişim olayının elektronun hem dalga hem de parçacık özelliğinin kanıtı olduğunu belirtmiştir. Yapılan ön görüşmede öğrenci çift yarığa elektronların gönderildiği bir animasyonu daha önce kimya dersinde izlediklerini, çift yarıktaki girişim ile ilgili açıklamalarının bu animasyona dayandığını ifade etmiştir. Ön testte öğrencilerin %12,5'i de elektronun ikili özelliğini gösteren seçeneği işaretlemiş ancak bilimsel olarak kabul edilebilir bir açıklama yapamamıştır. Bu öğrenciler elektron için *“Dalgadır çünkü ışıkla birlikte hareket edebiliyor. Parçacık olması da bir atom parçacıklarından biridir”*, *“Atomun parçacıklarından biri de elektrondur”*, *“Parça halinde bulunurlar. Dalgadır çünkü sürekli titreşim halinde olduğundan dalgadır”*, *“Elektron bir parçacıktır. Atomun bir parçacığdır. Atomun etrafında dönen bir parçacıktır. Isıtıldığında ise etrafına ışık saçtığı için aynı zamanda bir dalgadır”* şeklinde açıklamalar yapmıştır. Ön testte beklenen bir sonuç olarak

öğrencilerin %77,5'i gibi büyük bir çoğunluğu elektronların parçacık olduğu ifade etmiştir. Çift yarık deneyinde elektron parçacıkları kullanılıyor. Öğrencilerin açıklamalarında “*Bir kütlesi ve hacmi vardır, Elektronlar birleşerek atomu oluştururlar ve atomlar birleşerek maddeyi oluşturabilirler, Elektronlar parçacıktır çünkü frekansları yoktur, Atom maddenin en küçük yapıtaşdır, Atomun yapısını elektron, proton ve nötron oluşturmaktadır, Elektron eksi yüklü ve çok küçük boyutlu bir parçacıktır*” şeklinde ifadelere yer vermiştir. Benzer ifadelere alan yazında kuantum mekaniği üzerine yapılmış başka çalışmalarda da rastlanmaktadır (Johnson ve arkadaşları, 1998; Ireson 1999, Mashhadi ve Woolnough, 1999; Olsen, 2002; Ejigu, 2014).

Elektronların ikili doğasına ilişkin son test analizlerine bakıldığında bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların neredeyse tamamının tam doğru olduğu görülmektedir. Son testte öğrencilerin %52,5'i, gecikmiş son testte ise öğrencilerin %62,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Gecikmiş son testte kabul edilebilir yanıtların yüzdeleri yükseliş gösterse de son testteki yüzdenin daha önce sonuçları tartışılan diğer soruların analizindeki yüzdelerine göre düşük kaldığı görülmektedir. Bu durumun birçok nedeni olabileceği düşünülmektedir. Konunun soyut ve zor yapısının ilk neden olduğu düşünülmektedir. Ön test analizlerine göre %77,5'i elektronu yalnızca bir parçacık olarak gören bir öğrenci topluluğu, yapılan öğretimde zihinlerindeki basit madde toplarına dalga karakteri yüklemeleri konusunda yönlendirilmektedir. Öğrenciye sunulan materyallere bakıldığında ise elektronların çift yarıktaki girişimi deseni, tek yarıktaki kırınım desenidir. Öğretimin öğrenilen bilgilerin yeni problem durumlarına uyarlandığı bölümde öğrencilere taramalı elektron mikroskobunun çalışma prensibi açıklanmıştır. Öğrenci bilişsel çatışmayı yaşadığında yeni kavrama ihtiyaç duymakta ancak yeni kavramı anlaşılır, akla yatkın kılacak durumlar da oldukça güç, soyut ve öğrencinin yakın çevresinden uzak durumdadır. Bu durumun kavramsal değişimin önüne sağlam bir bariyer koyduğunun en güzel kanıtı son testte öğrencilerin %25'inin klasik fiziğe dayalı yanıtlar vermesidir. Öğrencilerin elektronların ikili doğası konusunda ikna edilemedikleri görülmektedir. Abhang'a (2005) göre öğrenciler genellikle öğrenme ortamına klasik fiziğe dayalı kavramları ile gelirler. Bu nedenle kuantum fiziğinin olasılık ve belirsizlik içeren kavramlarını anlamakta zorlanırlar. O'na göre öğrenciler kuantum fiziğinin kavramlarını esrarengiz ve anlaşılması zor bulurlar. Ayrıca

Özdemir'e (2008) göre öğrenciler kuantum fiziğinin esrarengiz bulgularına karşısında oldukça sezgisiz durumdadır. Bu durum öğrencilerin kendilerine kuantum fiziği ile ilgili sunulan materyallere güven duymamaları ile sonuçlanır. She ve Liao (2010) kavramsal değişim üzerinde sonuç çıkarma beceri düzeyinin olumlu etkisini göstermiştir. Özellikle elektronların ikili doğası ile ilgili öğrenciye sunulan soyut materyallerin başarısının da öğrencilerin sonuç çıkarma becerileri ile orantılı olduğunu düşünülmektedir. Limon (2001) anlamlı bilişsel çatışmanın oluşmasında öğrencilerin epistemolojik inançlarının ve sonuç çıkarma stratejilerinin önemine vurgu yapmıştır. Bu çalışmada öğrencilerin özellikle epistemolojik inançlarının bilişsel çatışmaları üzerinde en çok etkili olduğu konunun elektronun ikili doğası olduğu düşünülmektedir.

Kimya dersinde elektronların ikili doğasına ilişkin animasyon izleyerek bu çalışmada yapılacak olan öğretim ortamına gelmiş olmalarına rağmen öğrencilerin %82,5'i tekli model (dalga ya da parçacık) savunucusu olmuştur. Zihinlerde güçlü kökleri olan klasik fiziğe dayalı kavramları değiştirmenin hiç de kolay olmadığını anlaşılmaktadır. Chi ve arkadaşlarının (1994) ileri sürdüğü gibi var olan ile yeni kavramın ontolojik temelleri farklı ise kavramsal değişim oldukça güç bir sürece dönüşmektedir. Bu durumun en güzel kanıtı, dokuzuncu soruda sezgisel yanıt veren öğrencilerin, klasik fiziğe dayalı yanıt verenlere göre daha büyük bir yüzde ile bilimsel görüşe doğru kavramsal değişim yaşamalarıdır. Son ve gecikmiş son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci D24'ün dokuzuncu soru ile ilgili gecikmiş son görüşmede araştırmacı ile aralarında geçen diyalogun bir kesiti aşağıda aktarılmıştır.

D24: Çift yarıık deneyi var aklımda. Elektronlar çift yarığa gönderiliyordu. Ekranda girişim deseni oluşuyordu. Gerçi hala aklım almıyor ama.

Araştırmacı: Aklının alıp almaması neye dayanıyor sence?

D24: Gözlemci konulunca elektron dalga özelliği göstermiyor. Ya da başta neden dalga özelliği gösteriyor ki? Aklım almıyor. Elektronun akli mı var?

Görüşme diyaloglarından da anlaşıldığı gibi bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiş olsa da öğrencin tam olarak ikna olmadığını anlaşılmaktadır. Öğrencilerin epistemolojik inançları kesinlik, nedensellik üzerine kurulu olduğundan, kuantum

mekaniğinin olasılık üzerine kurulmuş yapısı onlara anlaşılmaz gelebilmektedir (Özdemir, 2008). Son test ve görüşme ile gecikmiş son test ve görüşmelerde öğrencilerin “Çift yarıktaki elektronların madde dalgaları girişim yapar, Ekrandaki lekelerin olduğu yerler elektronların daha çok çarptığı yerler olduğundan bu bölgeler orbitaldir, Çift yarık deseni elektronların ışık hızına yakın hızlarda hareket etmesinden kaynaklanır, Altın levha deneyi elektronların dalga özelliğini ispatlar, Altın levha deneyi elektronların hem dalga hem de parçacık olduklarının ispatıdır” şeklinde daha önce alan yazında karşılaşılmayan kavram yanılgılarına sahip oldukları görülmüştür.

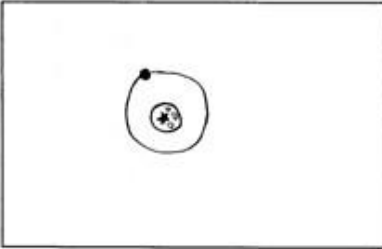
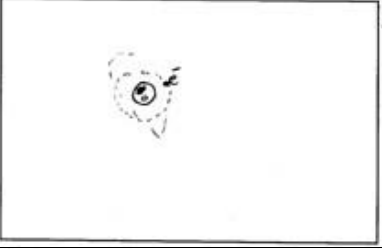
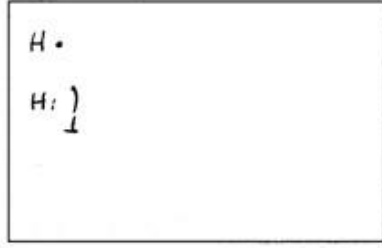
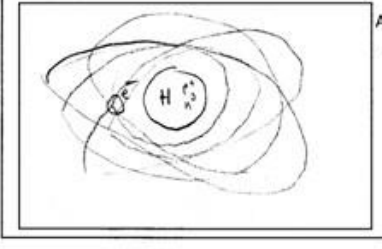
6.1.3 Atom Modellerine İlişkin Sonuçlar

Atom modellerine ilişkin MFKT’de yer alan altıncı soruda öğrencilerden hidrojen atomunun şeklini çizmeleri ve gerekli açıklamaları yapmaları beklenmektedir. Ön testte altıncı soruya bilimsel olarak kabul edilebilir ve modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin %82,5’i gibi büyük bir çoğunluğu Bohr Atom Modeline dayalı yanıtlar vermiştir. Bu durumun en büyük nedeni olarak önceki yıl kimya dersi atomun yapısı ünitesinde aldıkları öğretim gösterilebilir. Öğrenciler ile gerçekleştirilen görüşmelerde altıncı soru ve özellikle ileride verilecek olan orbital kavramı ile ilgili soru ile ilgili diyaloglar öğrencilerin aslında Modern Atom Modelinden haberdar olduğunu ancak modeli verilen durumda kullanacak bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Sıklıkla karşılaşılan bir durum da öğrencinin orbitalin tanımını yapabilmesi ancak hidrojen atomunun şeklini çizmesi istendiğinde Bohr Atom Modeline dayalı şekil çizmesi ve açıklama yapmasıdır. Öğrenciler, daha önceki yıl kimya dersinde Modern Atom Teorisini öğrendiklerini ancak orbital kavramını yalnızca elementlerin elektron dizilimini yaparken kullandıklarını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte detayları bulgular bölümünde görülebileceği gibi öğrencilerin bazıları, orbital kavramına dayanan herhangi bir kavramsal anlamaya sahip değildir. Bu öğrenciler de yüksek olasılıkla kimya dersindeki elektron dizilimini ezbere öğrenmişler ancak orbital kavramına yönelik bir kavramsal değişim yaşamamışlardır. Tüm bu açıklamalar Asikainen ve Hirvonen’in (2009) Bohr atom modelinin öğrencilerin zihninde birçok durumda Modern Atom Modelinin önüne geçebileceği yorumunu doğrulamaktadır.

Altıncı sorunun ön test analizleri öğrencilerin %7,5' inin herhangi iki ya da daha fazla modeli birleştirerek melez model oluşturduklarını göstermiştir. Örneğin öğrenci D21' e göre; elektron aslında yörünge üzerinde bir yerdedir. Ancak yörüngenin üzerindeki her noktada bulunması mümkün değildir. O'na göre elektronların yörünge üzerinde bulunabileceği yerlere orbital denilmektedir. Melez modele sahip başka bir öğrenci D14 de elektron bulutu kavramına sahip olmakla birlikte yanıtındaki şekline bakıldığında yörünge çizdiği görülmüştür. Atom modellerine yönelik melez modeller alan yazındaki diğer çalışmalarda da görülmektedir (Bethge ve Niedderer, 1996; Harrison ve Treagust, 2000; Taylan Yıldız, 2006). Ön testte öğrencilerin biri (%2,5) çeşitli kitap ve internetteki görsellerde sıklıkla rastlanan ancak herhangi bir atom modeline dayanmayan ve alan yazında birçok çalışmada karşılaşılan Atomun Medyatik Modeline dayalı açıklamalar yapmıştır (Harrison ve Treagust, 1996; Karagöz ve Sağlam Arslan, 2012). Üç boyutta iç içe geçmiş ve düzlemleri farklı olan çemberler şeklinde yörüngeler çizen öğrencinin fikirleri Bohr Atom Modeline dayanmakla birlikte çizdiği şekil bakımından kitap ve çeşitli görsellerden etkilendiği görülmüştür. Ön testte öğrencilerin %5'i de yine önceki yıl kimya dersi kapsamında öğrendikleri katman elektron dizilimi ve Lewis nokta yapısını içeren çizimler yaparak yanıt vermiştir. Öğrencilerin ön testte atoma yönelik yaptığı çizimlerden ve bu çizimlerden oluşun kategoriler Tablo 6.5' te görülmektedir. Öğretim sonrasında öğrencilerin %72,5'i altıncı soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin büyük çoğunluğu için öğretim aşamalarının atom teorileri ile ilgili bölümlerinin kavramsal değişim sürecindeki olumlu katkısı görülmektedir. Öğretim öncesinde öğrencilerin %82,5'inin Bohr Atom Modeline dayalı yanıt verdiği de göz önünde bulundurulursa öğrencilerin kavramlarını Modern Atom Modeline doğru değiştirmelerinde öğretimin olumlu katkısı apaçık görülmektedir. Bununla birlikte öğrencilerin %7,5'i de Modern Atom Teorisine dayanan ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen türden yanıtlar vermiştir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin Tablo 6.6'da görüldüğü gibi elektronların olası konum değerlerini belirttikleri ancak orbital oluşturacak şekilde belirli bölgelerde yoğunlaştırmadıkları görülmüştür. Öğrencilerin kavramsal değişimi zayıf olarak yaşadığı anlaşılmaktadır. Son testte öğrencilerin %5' i öğretmenin tanıttığı bilimsel görüşü reddederek öğretim öncesindeki kavramlarını kullanmaya devam ederek yalnızca Bohr Atom Modeline dayanan yanıtlar vermiştir. Bu durumun; öğrencilerin Bohr Atom Modeline ilişkin yeterince

hoşnutsuzluk yaşamaması, Bohr Atom Modelinin Modern Atom Modeline göre açıklama bakımından kolay olması, ayrıca öğretimin ilgili aşamalarının öğrencileri yeni kavram konusunda yeterince ikna edememesine bağlanabileceği düşünülmüştür. Kopman ve arkadaşları (2005) da yaptıkları çalışmada birçok öğrencinin Bohr Atom Modeline ilişkin kavramlarının Modern Atom Modelini anlamalarının önüne geçtiği rapor edilmektedir.

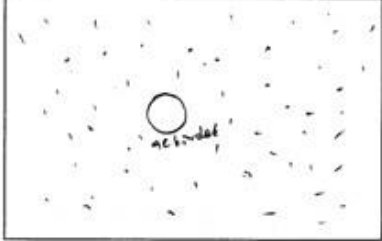
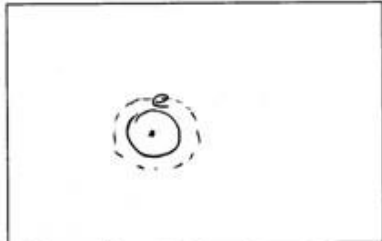
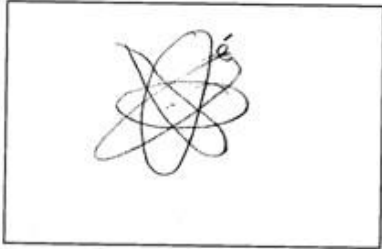
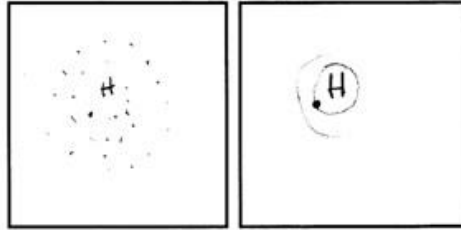
Tablo 6.5: Öğrencilerin ön testte atom ile ilgili çizimleri ve yanıtlarından oluşan kategoriler.

Model	Ön test
Bohr Atom Modeli	 <p> Açıklama: * : Hidrojene ait proton o : " " " " nötron • : " " " " elektron proton ve nötronlar çekirdekte bulunduğu için bu şekilde çizdim. Elektronlarda katmanlarda olduğu için bu şekilde çizdim. </p>
Medyatik Atom Modeli	 <p> Açıklama: Çekirdekte nötron ile birlikte 1 proton bulunur. 1 e⁻ çekirdekte çevresinde hareket eder. Yörüngeler eğriseldir. Tek boyutlu yörüngede değil 3 boyutlu yörüngelerde hareket eder. </p>
Katman Elektron dizilimi ve Lewis nokta yapısı	 <p> Açıklama: Hidrojen atomu 1A grubunda 1. periyottadır. </p>
Melez Modeller	 <p> Açıklama: Atomun merkezinde atomun geneli olarak başında küçük ve yüksek yoğunlukta bir çekirdek bulunur. Çekirdekte proton ve nötron yer alır. Atomun çekirdek etrafındaki büyük ve geniş kısmında ise e⁻ lar girer. Elektronlar belli yörüngede bulunmaz. Tam olarak nerede olduğu ve hızı aynı anda tespit edilemez. Böylece çekirdeğin etrafında devasa bir elektron bulutu oluşur. </p>

Son testte öğrencilerin %5'i melez modellerle yanıt vermiştir. Bu durumun nedenini yalnızca öğretimin başarısızlığına bağlamak doğru olmasa da melez

modellerin önüne geçebilmek için ek etkinliklere yer vermenin doğru olacağını düşüncesi ortaya çıkmıştır.

Tablo 6.6: Öğretim sonrasında Modern Atom Modeline ilişkin kavram yanlışlığı içeren çizim ve açıklamalar.

Uygulama	Kavram yanlışlığı içeren çizim ve açıklamalar
Son test	 <p>Açıklama: elektronlar bir yerde ve yörüngede dağılırlar. Elektronların dalık görüntüleri vardır.</p> <p><i>Modern Atom Modeline dayalı kabul edilemez türden yanıt</i></p>
	 <p>Açıklama: Hidrojen atomunun bir elektronu vardır. Elektron yörüngede bulunur. Elektron orbitallerde bulunur. Orbitaller s, p, d, f'dir. Hidrojen atomu 1A grubundaki tek ametaldir.</p> <p><i>Bohr atom modeli etkisinden kurtulamayan modern modele dayalı melez yanıt</i></p>
	 <p>Açıklama: e⁻ lar ile protonlar arasında bir çekim kuvveti olduğundan e⁻ lar çekimden etrafında hayali bir sığda dönerler. Ancak e⁻ nun ne zaman nerede bulunabileceği bilinmez.</p> <p><i>Modern, Bohr ve Medyatik atom modellerinin karması şeklindeki melez yanıt</i></p>
Gecikmiş son test	 <p>Bohr atom modelinde elektronlar her hangi bir yerde olabilir. Fakat bir elektronun yeri olmayabilir. Modern atom modeline göre elektronlar belirli bir bölgede olabilir.</p> <p><i>Bohr ile Modern Atom Modellerinin tamamen birbirine karıştırıldığı yanıt.</i></p>

Gecikmiş son testte öğrencilerin %67,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Ortaya çıkan yüzdeler, öğretimin örneklemedeki öğrencilerin büyük çoğunlukla kavramsal değişimi güçlü olarak gerçekleştirmelerinde onlara yardımcı

olduğu ve öğrenmelerinin kalıcılığını da üst düzeyde sağladığını göstermektedir. Her ne kadar öğrencilerin büyük çoğunluğu için kavramsal değişim gerçekleşmiş olsa da atom modelleri konusunda Bohr Atom Modeli ve önerdiği yörünge kavramı öğrencilerin Modern Atom Modelini reddetmelerine ya da melez modeller (Tablo 6.6) kurmalarına neden olabilmektedir. Fischler ve Lichtfeld (1992) atomu açıklamanın en iyi yolu olarak Heisenberg'in belirsizlik ilkesine dayanan Modern Atom Modeli olduğunu, Bohr Atom Modelinin atomun gerçek yapısını öğrenme önünde ciddi bir engel oluşturduğunu, hidrojen atomunun öğretiminde dahi Bohr Atom Modeli öğretiminden kaçınılması gerektiğini belirtmektedir. Bu araştırmada atom modelleri ile ilgili elde edilen bazı sonuçlar, Fischler ve Lichtfeld'in (1992) atomun yapısının öğretimi noktasındaki önerilerini desteklemektedir. Bununla birlikte Petri ve Niedderer (1998) ilköğretim ya da ortaöğretimde Modern Atom Modelinin öğretimi uygun değildir. Araştırmacılara göre; Bohr Atom Modeli öğrencilerin atomun yapısını öğrenmelerinde onlara yardımcı olan önemli bir basamaktır. Atomun yapısının öğretimi noktasında alan yazındaki bu görüş ayrılıkları öneriler bölümünde de tartışılacaktır.

Orbital kavramı ile ilgili sorulan 10.sorunun ön test analizlerinde de altıncı sorunun ön test analizlerine benzer bir tablo ortaya çıkmıştır. Ön testte 10.soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamakla birlikte öğrencilerin %27,5'i Modern Atom Modeline, %45'i de Bohr Atom Modeline dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin %10'u da melez yanıt vermiştir. Ön testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin verdiği yanıtlar genellikle elementlerin elektron dizilimine dayanmaktadır. Bu öğrenciler orbital kavramını elementlerin elektron dizilimini göstermeye yarayan bir metot olduğu yönünde inançlara sahiptir. Melez modellere sahip öğrenciler de bulunmaktadır. Bu öğrenciler genel olarak Bohr ve Modern Atom Modellerini bir arada kullanmaktadır. Son testte öğrencilerin %67,5'inin soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermesi, öğretimin orbitale yönelik kavramsal değişimi sağlama noktasında başarısını göstermektedir. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin genellikle orbital yörünge ayrımı noktasında zorlandıkları görülmektedir. Ayrıca ikisinin bir arada kullanılarak melez yanıt verilmesi durumu da son testte söz konusudur. Öğrencilerden bazıları (%10) son testte Bohr Atom Modeline dayanan yanıtlar vermiştir. Bu %10'luk

dilimin %5'i ön testte ve son testte Bohr Atom Modeline dayalı yanıt vererek öğretime karşı direnç gösteren öğrencilerden oluşurken, diğer %5'i kodlanamaz yanıt kategorisinden Bohr Atom Modeline dayanan yanıtlar kategorisine yükselen öğrencilerden oluşmuştur. Gecikmiş son testte öğrencilerin %65'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Bu durum öğretimin öğrenmenin kalıcılığını sağlama noktasında başarılı olduğu sonucunu göstermiştir. Bununla birlikte kabul edilemez türden yanıtlar da bulunmaktadır. Örneğin modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin yanıtlarına bakıldığında iki grupta toplandıkları görülmektedir. Gruplardan ilki elektronun olası konum değerlerinin gösterildiği ancak orbital oluşturacak şekilde belirli bölgelerde yoğunlaştırılmadığı yanıtlardan oluşmaktadır. İkinci grup ise orbital kavramının tamamen elektron dizilimi ile özdeşleştiği yanıtlardan oluşmaktadır. Taber (2002) öğrencilerin orbital kavramını anlamakta zorlandıkları ifade etmiştir. Bu araştırmada da son test ve görüşme ile gecikmiş son test ve görüşmelerde öğrencilerin “*Orbitaler elektronların bulunma olasılığının olduğu yerlerdir, Elektronların olası konum değerleri bir çember oluşturur, Elektronlar dönerken küresel bir bölge oluşturur, Orbital ile yörünge aynı şeydir*” şeklinde kavram yanılgılarına rastlanmıştır.

Bohr Atom Modeli ile ilgili öğrenci fikirlerini incelemek amacı ile sorulan MFKT'deki yedinci soruya öğretim öncesinde uygulanan ön testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin, önceki yıl kimya dersinde Bohr Atom Modelini, tek elektronlu bir atomun enerji düzeylerini, enerji düzeyleri arasında geçiş yapan elektronun yapacağı ışımının enerjisi ve dalgaboyunun hesaplanmasını öğrenmiş olsalar da öğretim öncesinde atomun enerjisinin kesikli olabileceğine dair bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları anlaşılmıştır. Ön testte yedinci soruya verilen yanıtların genel itibarıyla klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıtlar kategorilerinde toplandığı görülmüştür. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenciler genellikle atomun enerjisinin artmasını elektronun hızlanmasına bağlamaktadır. Sezgisel yanıt veren öğrencilerin de kendilerine yakın gelen seçeneği işaretleyerek bu seçeneğe ilişkin açıklamaları tahminlerine dayalı olarak yapmış oldukları görülmüştür. Son testte öğrencilerin %80'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğretimin Bohr Atom Modeli ile ilgili bölümlerinin öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğu görülmektedir. Son testte öğrencilerin

%15'i modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt verirken, %2,5'i klasik fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Sezgisel yanıt veren öğrenci bulunmamıştır. Görüldüğü gibi öğretim özellikle klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıt veren öğrencilerin öğretim öncesindeki bilimsel olmayan kavramlarını bilimsel olanı ile değiştirmelerini sağlamıştır. Son testte ortaya çıkan önemli durumlardan biri öğrenci D4'ün Şekil 5.44'de görülen yanıtındaki çizmiş olduğu grafikdir. Öğrenci deney setinde çizdirilen akım – hızlandırıcı gerilim grafiğini atomun enerji grafiği olarak yorumlamıştır. Kuhn, Amsel ve O'Loughlin (1988) mevcut kavram ile yeni kavram arasındaki aykırılığın tespit edilmesi ve anlamlı bilişsel çatışmanın oluşturulması ayrıca bilişsel çatışmanın kavramsal değişimle sonuçlandırılması noktasında sonuç çıkarma becerilerine vurgu yapmıştır. Sözü edilen öğrenci D4'ün deneye ait simülasyonda çizdirilen grafiği atomun enerji düzeyleri olarak yorumlaması, Kuhn ve arkadaşlarını (1988) destekler durumdadır. Gecikmiş son testte öğrencilerin %65'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt vermiştir. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdesinde bir azalmanın olduğu görülmüştür. Bununla birlikte öğrencilerin %65'inin testin öğretimden uzunca bir süre sonra uygulanması ve sorunun değiştirilerek sorulmasına rağmen bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermesi öğretim başarısını göstermiştir. Gecikmiş son testte öğrencilerin %15'i modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. *“Hidrojenin her sıcaklıkta ışımaya yapacağı ama bunların bazılarını gözümüzün göreceği, hidrojenin spektrum çizgilerinin Compton Olayı ile ilişkilendirilebileceği”* yönünde fikirler içeren ve yalnızca bu araştırmada ortaya çıkarılan kavram yanılgılarına rastlanmıştır.

Atomun foton ve elektronlarla uyarılması ile ilgili öğrenci fikirlerini incelemek amacı ile sorulan MFKT'deki sekizinci soruya öğretim öncesinde uygulanan ön testte öğrencilerin %5'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermiştir. Ön testte sekizinci soruya verilen yanıtların genel itibarıyla klasik fiziğe dayalı ve sezgisel yanıtlar kategorilerinde toplandığı görülmüştür. Klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenciler genellikle X ışınlarının yansıyıp kırılabileceği, X ışınları ve elektronların atomlara enerji aktarabileceği yönünde açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Ayrıca klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerin bazıları elektronlarla atomları etkileşime geçebileceği ve bu etkileşimin elektronun atoma bağlanması onunla tepkimeye girmesi şeklinde olacağı yönünde açıklamalar yapmıştır. Son testte öğrencilerin %52,5'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir

yanıtlar vermiştir. Öğretimin Bohr Atom Modeli ile ilgili bölümlerinin öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında başarılı olduğu görülmüştür. Ancak sekizinci sorunun son test analizlerinde ortaya çıkan bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdeleri önceki sorularda hesaplananlara göre düşük olduğu görülmüştür. Son testte zayıf kavramsal değişim yaşayan öğrenciler tıpkı Compton olayı ile ilgili ikinci sorunun analizlerinde görüldüğü gibi sekizinci soruyu yanıtlarken de Rutherford Saçılması Deneyine ait animasyonun etkisinde kalmışlardır. Örneğin öğrenciler çekirdeğin yakınlarından geçen X ışınlarının saçılacağını belirtmiştir. Bu durum öğrencilerin hem Compton olayı hem de atomun uyarılmasına ilişkin kavram yanılgısına sahip olduğu göstermiştir. Zayıf kavramsal değişim yaşayan bu öğrencilerin "X ışını" ifadesi ile karşılaştıkları anda kısa kestirmeler yaparak X ışınlarının çekirdekten saçılacağı yönünde açıklamalar yaptıkları görülmüştür. Öğrencilerin X ışınları geçtiği anda çekirdekten saçılma fikrine yönelerek yüzeysel işleme ile açıklamalar yapmaları Gregoire'ye (2003) ait KDBDM'nin zayıf ve güçlü kavramsal değişim konusundaki önerilerini haklı çıkarmaktadır.

Sekizinci soruda Modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci D16 yapılan öğretimden yanlış sonuç çıkarmıştır. Öğrenci son testteki sekizinci sorunun b bölümüne verdiği yanıtta sezyum atomlarının artı yüklü olduğunu, elektronların enerjisinin de sezyuma göre çok düşük olduğunu böylelikle etkileşim olmayacağını belirtmiştir. Durumun da basketbol topu sinek ilişkisine benzediğini ifade etmiştir. Öğrenci, Rutherford alfa saçılması deneyinin öğretimi aşamasında ders içinde kurulan bir analogiyi örnek göstermiştir. Bu araştırmada tasarlanan öğretimde Rutherford deneyinde alfa kullanılmasındaki neden olarak elektronlara göre çok büyük kütlede olması gösterilmiştir. Böylece elektronlar alfaları etkileyemeyecektir. Öğretimde alfaların elektronlara çarpması ile bir basket topunun sineğe çarpması arasında analogi kurulmuştur. Öğrenci bu analogiyi atoma elektron gönderilmesi durumuna yanlış biçimde uyarlama yapmıştır. Bu durum Limon'un (2001) öğrencilerin sonuç çıkarma becerilerinin kavramsal değişimi etkilediği yönündeki ifadelerini destekler niteliktedir.

Gecikmiş son testte MFKT'deki sekizinci soruda değişikliğe gidilmiştir. Yeni soruda öğrencilere Frank Hertz Deney Düzenine ait şekil ve içinde buluna hidrojen

gazına ait enerji seviyeleri verilmiştir. Sorunun (a) ve (b) bölümlerinde verilen foton ve elektronların atomu uyarıp uyaramayacakları sorulmuştur. Gecikmiş son test uygulaması sonunda yapılan analizler öğrencilerin %62,5'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdiklerini göstermiştir. Kabul edilebilir yanıtların %47,5'inin tam doğru, %15'inin kısmen doğru olduğu görülmüştür. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlara ait yüzdelerin son teste göre arttığı dikkati çekmiştir. Artışın nedeni olarak sorunun değiştirilerek sorulması ve öğretim üzerinden geçen uzunca zamanın bazı öğrencilere kavramlarını değiştirmek için fırsat vermesi gösterilebilir. Bu durum Vosniadou ve Ionnides (1998) ile Vosniadou (1999) gibi çalışmalarda kavramsal değişimin ani değişim gerektiren yapısının eleştirilmesini haklı kılmaktadır. Ancak öğretim öncesinde örneklemin neredeyse tümünün bilimsel olarak kabul edilemez kavramlara sahip olduğu ayrıca öğretimden geçen beş aylık süre sonunda %62,5'inin modern fiziğe dayalı ve bilimsel olan kavramlara sahip olduğu düşünülürse bu araştırma için Posner ve arkadaşlarına (1982) ait KDT'ye dayalı olarak tasarlanan öğretimin başarılı olduğu kesindir. Bununla birlikte bu çalışmada kavramsal değişim teorisine yönelik eleştirilerin istisnai durumlarda da olsa haklılık payına sahip oldukları anlaşılmıştır.

MFKT'de belirsizlik ilkesi ile ilgili sorulan 11.soruya ön testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Ön öğrencilerin %17,5'i modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin "*elektronun yeri kesin olarak bilinemez*" şeklindeki yanıtlarının arkasında 10.sınıfta kimya dersi kapsamında öğretimi yapılan atomun yapısı ünitesinin bulunduğu ön görüşmeler ile ortaya çıkarılmıştır. Bu kategorideki öğrencilerden oluşan bir grup "*elektronun yerinin ve hızının tam olarak bilinmeyeceği*" yönünde yanıtlar verirken, diğer grupta "*elektronun yerinin ve hızının aynı anda bilinmeyeceği*" yönünde yanıtlar vermiştir. Bu sonuçlar Özdemir'in (2008) çalışmasındaki bulgular ile uyum içindedir. Öğrencilerin elektronların konumları ve momentumlarının ölçülmesinde bir belirsizlik bulunduğu, bu belirsizliğinde elektronların konum ve momentum değerlerinin bir dağılım oluşturmasından kaynaklandığı yönünde bir açıklama yapamadıkları görülmüştür. Ön testte öğrenciler büyük bir çoğunlukla (%40) klasik fiziğe dayalı yanıtlar vermiştir. Klasik fiziğe dayalı bu yanıtların tümü kırımın deseninin açıklanmasına yöneliktir. Öğrenciler belirsizlik ilkesi ile ilgili bir açıklama yapamayınca

"elektronlar birbirini iterek geniş bir bölgeye dağılmışlardır" şeklinde kırımın desenini açıklamaya çalışmaktadır. Bununla birlikte belirsizlik ilkesi ile ilgili bir kavramsal yapısı bulunmayan ayrıca durumu klasik fiziğe dayandırmayı uygun bulmayan öğrenciler de "Elektronlar dar aralıktan geçerken daha çok çarpışırlar. Bu nedenle daha geniş alana yayılırlar" şeklinde sezgisel yanıtlar vermiştir.

Tablo 6.7: Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili tespit edilen kavram yanılgıları.

Uygulama	Alan Yazın + Bu araştırma	Yalnızca bu araştırma
Ön test ve görüşme	<i>Elektronun yeri kesin olarak bilinemez. Elektronun yeri ve momentum – hızı tam olarak bilinemez. Elektronun yeri ve hızı – momentumu aynı anda bilinemez. Elektronun momentumu biliniyorsa konumu, konumu biliniyorsa momentumu bilinemez.</i>	-
Son test ve görüşme	<i>Elektronun yeri ve hızı – momentumu aynı anda bilinemez. Elektronun hızı artınca konumunu belirlemek güçleşir.</i>	-
Gecikmiş son test ve görüşme	<i>Belirsizlik ilkesi teknolojik yetersizliklerden kaynaklanır. Yeterince gelişmiş bir yöntem bulunursa parçacıkların aynı anda konum ve momentumları ölçülebilir. Belirsizlik ilkesi ölçme hatasıdır. Belirsizlik ilkesi ölçümün, ölçüm sonucunu değiştirmesi demektir.</i>	-

Son teste öğrencilerin %57,5'inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmektedir. Öğretimin Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili bölümünün diğer modern fizik kavramları ile ilgili bölümlerine göre öğrencilerin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında daha az başarılı olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimi yaşayamamalarının en büyük nedeni olarak Heisenberg'in belirsizlik ilkesinin oldukça soyut ve zor yapısı gösterilebilir (Özdemir, 2008). Belirsizlik ilkesinin öğrenciler için bütünüyle yeni bir konu olması da bu durum üzerinde etkilidir. Öğretim öncesinde öğrencilerin kavramsal ekolojileri iki grupta toplanmaktadır. İlk gruptaki öğrenciler belirsizlik ilkesine yönelik bilimsel olmayan kavramsal anlamaya sahiptir. Diğer grup ise belirsizlik ilkesine yönelik her hangi bir kavramsal yapıya sahip olmayan öğrencilerden oluşmaktadır. Öğretimin yeterince başarı gösterememe nedenlerinden biri de ilk gruptaki öğrencilerin belirsizlik ilkesine yönelik öğretim

öncesi fikirlerinin öğrencilere kolay gelmesi nedeniyle yeni ve bilimsel olanı reddetmeleridir. İkinci gruptaki öğrenciler ise belirsizlik ilkesine yönelik bir kavramsal ekolojiye sahip değildir. Böylelikle öğrenciler öğretimde sunulan çelişkili durumlarda bilişsel çatışma yaşayamamış, böylelikle kavramsal değişimi gerçekleştirememiştir. Lee ve Byun (2012), Hadjiachilleos ve arkadaşları (2013) ile Zohar ve Kravetsky'e (2005) göre kavramsal değişimin ilk şartı bilişsel çatışmadır. Araştırmacılara göre; bilişsel çatışma yoksa öğrenciler hiçbir şeyi değiştirmezler (Posner ve arkadaşları, 1982; Hewson ve Hewson, 1984; Hewson ve Thorley, 1989; Limon, 2001)

Gecikmiş son testte Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili 11.soruya öğrencilerin %52,5'i bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrencilerin %20'si Tablo 6.7' de de görülen ve modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Öğrencilerden birinin "*Ölçülen sonuçların hiçbiri kesin değildir. Özellikle İlhan'ın örneğini çok doğru buluyorum. Ama Erdoğan da olabilir. Sonuçta 20 yıl sonra belirsizlik ilkesi diye bir şey kalmayabilir*" yanıtı oldukça ilgi çekicidir. Gecikmiş son testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez yanıtlara bakıldığında iki alt grupta toplandıkları görülmektedir. İlk grup belirsizlik ilkesi ile ilgili bilimsel olmayan fikirlere sahip olan öğrencilerden oluşmaktadır. İkinci gruptaki öğrenciler belirsizlik ilkesi ile her ölçme işlemine karışan hatayı bağdaştırmaktadır. Gecikmiş son testte öğrencilerin %5'i "*Elektronun momentumu korunsa konumu korunmaz, konumu korunsa momentumu korunmaz*" şeklinde klasik fiziğe dayalı yanıt verirken, %22,5'i "*Çünkü iki olayın aynı anda izlenememesinin sebebi yeterli ve gelişmiş aletin olmamasıdır, Belirsizlik ilkesi teknolojik yetersizliklerden kaynaklanmaktadır, Erdoğan'ın görüşlerine katılıyorum, Ortam yeterince uygun kurulamadığı ve teknolojik aygıtlar tam donanımlı olmadıklarından dolayı kesin bir sonuç çıkarılamaz*" şeklinde sezgisel yanıtlar vermiştir. Belirsizlik ilkesi ile ilgili bu türden yanıtlara alan yazındaki başka araştırmalarda da rastlanmıştır (Sadaghiani, 2005; Özdemir, 2008; Özdemir ve Erol, 2008; Ayene, Kriek ve Damtie, 2011). Genel olarak bakıldığında Heisenberg'in belirsizlik ilkesine yönelik kavramsal değişimi bilimsel görüşe doğru değiştiren öğrencilere ait yüzdeleri Modern Fiziğin diğer alt başlıklarına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni tartışılmıştı. Duruma yönelik öneriler ise daha sonra verilecektir. Kopman ve arkadaşları (2005) yaptıkları çalışmada kuantum fiziğine ait kavramların öğretimini yapmış ve kursa

katılan öğrencilerin belirsizlik ilkesini tanımlarken öğretimdeki tanımı yaptıkları ancak ardından, bir parçacığın konum ve momentumun tam bir şekilde ölçülebilmesinin mümkün olduğunu belirttikleri ifade edilmiştir. Görüldüğü gibi belirsizlik ilkesi öğretimden sonra zayıf kavramsal değişim yaşanma olasılığı yüksek olan bir konudur.

6.2 Araştırmanın İkinci Alt Problemine İlişkin Sonuçlar

FDMÖ'nün ön uygulaması sonunda toplanan veriler öğrencilerin 1 puan değerindeki seçenekleri işaretlemedikleri genel olarak 4 puan değerindeki seçenekleri işaretledikleri göstermiştir. Ön uygulamada 4 (yaklaşık %49) ve 5 (yaklaşık %19) puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı, toplam frekansın yaklaşık %68'ini oluşturmuştur. Bu sonuçlar araştırmaya katılan örneklemdeki öğrencilerin öğretim öncesinde motivasyon düzeylerinin ortanın üzerinde olduğunu göstermiştir. Öğretim sonrasında yapılan son uygulamada Grafik 5.1'de görüldüğü gibi 1 ve 4 puan değerine sahip seçeneklerin işaretlenme frekansları dikkate alınacak bir değişiklik göstermezken, 2 ve 3 puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı azalmış, 5 puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı ise artmıştır. Son uygulamada 4 ve 5 puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı, toplam frekansın yaklaşık %74'ünü oluşturmuştur. Bu sonuçlar araştırmada uygulanan öğretimin öğrencilerin fizik dersine yönelik motivasyon düzeylerine olumlu katkı yaptığına ilişkin bir kanıt olarak gösterilebilir.

Pintrich ve arkadaşlarının (1993) KDT'ye yönelik motivasyon gibi duyuşsal özellikleri dikkate almayan eleştirilerinden sonra, kavramsal değişimin motivasyon ile ilişkilendirildiği çalışmalar hızla artmaya başlamıştır. Pintrich ve arkadaşlarına (1993) göre motivasyonel unsurlar ile bilişsel unsurlar etkileşim halindedir. Tuan ve arkadaşları (2005) yaptıkları çalışmada kavramsal değişimin motivasyondan kuvvetlice etkilendiğini göstermiştir. Kavramsal değişimin motivasyon ile ilişkilendirildiği çalışmalarda (Tseng ve arkadaşları, 2010; Taasoobshirazi ve Sinatra, 2011) yapısal eşitlik modeli ya da korelasyon yöntemleri ile motivasyon düzeyinin kavramsal değişimi etkilediği ya da kavramsal değişimle korelasyon gösterdiği şeklinde sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak daha önce giriş bölümünde belirtildiği gibi daha “güçlü kavramsal değişim için motivasyonu nasıl artıracamız?”

sorusu yanıtlanmayı beklemektedir. Bu araştırmada sorunun kısmen yanıtlanmaya çalışıldığı söylenebilir. Bu araştırmada önerilen öğretim modelinin öğrencilerin fizik dersine yönelik motivasyonlarını artırdığı FDMÖ'den elde edilen veriler ile ortaya çıkarılmıştır. Bununla birlikte öğretim esnasında, öğretim sonrası ve öğretimden beş ay sonra yapılan görüşmelerde öğrencilerin kullandıkları ifadeler de öğretimin motivasyonlarını artırdığını göstermektedir. Örneğin öğrenci D31 önceleri derste söz almaktan çekindiğini ancak yapılan öğretim sayesinde kendisine güven geldiğini belirtmektedir. Grupla çalışmanın, sınıf tartışmasının kendisi için derse odaklanmasını sağlayan etkenler olduğunu belirtmektedir. Öğrenci D31'in ifadelerine benzer ifadeler görüşme yapılan diğer öğrenciler tarafından da söylenmiştir. Öğrenci D31'in "*Mesela arkadaşım D23 demişti. En enerjik yıldızlar mavi yıldızlardır diye. Böyle deyince ben evet dedim. Siyah cisim ışımada ilk değişimi bu şekilde yaşadım. Yine ocaktaki ateşin iç kısmının mavi, dış kısmının sarı gözükmesi gibi örnekler beni etkilemişti.*", "*Siz doğrudan söyleseydiniz inanmayabilirdim*" şeklindeki ifadeleri anlamlı bilişsel çatışmanın oluşumunda sosyal çevrenin etkisini açıkça göstermiştir. Ayrıca bu durum öğrencinin, arkadaşının konuya motive olarak yorumlar yapmasından etkilenerek kendisinin de motive olduğunu da göstermektedir. Bu sonuçlar Dole ve Sinatra'nın (1998) "öğrenci eğer motive olmamışsa başka bir akranının motive olduğunu görüp motive olabilir" şeklindeki önerilerini doğrular niteliktedir.

Araştırmacı: Sınıf içinde yaptığımız tartışmalar bir fayda sağladı mı sence?

D23: Demiştiniz ya hocam "kafanızda bir dengesizlik olur" diye. Gerçekten de önce bir dengesizlik oldu. Arkadaşlarımızın fikirleri de bazen buna neden oldu. Bu dengesizlik sonrası öğrenmek daha kalıcı hale geliyor. Dersten kopamıyorsunuz. Motivasyonunuz artıyor. Sürekli merak içinde olduğumuz için dersten kopamıyorum. Modern fiziği de ayrıca zevkli ve heyecanlı buldum.

Öğrenci D23'ün öğretim sonrasında yapılan görüşmedeki diyaloglarından bir kesit yukarıda görülmektedir. Öğrenci bilişsel çatışma yaşadığında dersten kopmadığını belirtmektedir. Öğrenci D23'ün ifadeleri de Posner ve arkadaşlarının (1982) kavramsal değişim sürecinde bilişsel çatışmayı motive edici olarak görmelerini desteklemektedir.

Araştırmacı: Bilişsel çatışmayı yaşadığında ne hissettin? Bir kaygı ve endişemi yoksa başka bir şey mi?

D23: Aslında bir kaygı değildi. Dengesizliğin verdiği hoşnutsuzluktan bu. Sadece bir an önce öğrenmek istedim.

Lee ve Byun (2012) yaptıkları çalışmada bilişsel çatışma anında öğrencilere anket dağıtmış ve duygularını öğrenmeye çalışmışlardır. Yaptıkları araştırma sonunda güçlü kavramsal değişimin yaşandığı tüm durumlarda kaygı düzeyinin düşük olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Öğrenci D23'ün söyledikleri Lee ve Byun'u (2012) desteklemekle birlikte Posner ve arkadaşlarının (1982) kavramsal değişimde motive edici olarak bilişsel çatışmayı göstermelerindeki haklılığı da ortaya çıkarmaktadır.

D4: Konu ile ilgili bir şey duyduğumda konu hakkındaki fikirlerimi hemen söylemek istiyorum. Dersin en güçlü yanı bence öğrenci ağırlıklı olmasıdır. Sıradan bir derste öğretmen anlatır, biz yazarız örnekler çözülür. Şimdi ise bu dersle ben kendimi bilim adamı gibi hissettim bir şeyleri araştırma hevesi oluştu, konunun başka kısımlarını daha detaylı kısımlarını da öğrenmek istedim. Daha önce siz gelecektiniz, konuyu anlatacaktınız, örnekler verecektiniz, testler çözecektik. Şimdi ise yarın fizik dersi mi var konu neydi acaba biz en son ne konuşmuştuk, eskiye gidip hatırlama ihtiyacı hissediyorum ve mutlu oluyorum.

Araştırmacı: Derste anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık noktasında yorumlar yaptık. Bunun faydası var mı sence?

D4: Kesinlikle oldu. Bizlerin örneğin belirsizlik ilkesi ile ilgili fikirleri vardı. Ama siz soru sorduğunuzda ses yok. Neden çünkü bilgiler sağlam temellere oturmamış. Size anlatmaya çalışıyorum. Akla yatkınlık açısından değerlendirmemi istiyorsunuz. Ancak ben bunu yapamıyorum. Bu çalışmalarını yapmamız, bizlere konunun gerçekte nasıl öğrenileceği konusunda da fikir vermiş oldu. Bizler için artık konuların bilinmesi yeterli değil. Ben bu konuyu anladığımdan nasıl eminim sorusunu soruyoruz kendimize. Mantıklı gerekçeler öne sürdüğünüzde gerçekte bir konuyu anlamış oluyorsunuz.

Yukarıda öğrenci D4'ün öğretim ile ilgili düşünceleri görülmektedir. Öğrenci derste kendisini bilim adamı gibi hissettiğini, konu ile ilgili bir şey duyduğunda

hemen fikirlerini söyleme ihtiyacı hissettiğini ifade etmiştir. Ayrıca öğrenci üst bilişsel yönlendirmelerin kendisine bir bilgiyi öğrendiğinden nasıl emin olabileceğini de öğrettiğini ifade etmektedir. Öğrencinin yalnızca bu ifadesi, kendisinin üst biliş mekanizmasının aktive edilmiş halde olduğunu göstermekte, bu bağlamda öğretimin başarılarından birini daha ortaya koymaktadır.

6.3 Araştırmanın Üçüncü Alt Problemine İlişkin Sonuçlar

Öğretim öncesine yapılan ön uygulamada öğrencilerin FDYTÖ'deki maddelerde 1 puan değerindeki seçenekleri pek az işaretledikleri genel olarak 3 ve 4 puan değerindeki seçenekleri işaretledikleri görülmektedir. Ön uygulamada 3 (%28) ve 4 (%37) puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı, toplam frekansın %65'ini oluşturmuştur. Bu durum öğretim öncesinde öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumlarının orta düzey ve orta düzeyin üzerinde olduğunu göstermiştir. Son uygulama araştırmadaki öğretimin öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumlarını olumlu yönde artırma noktasındaki başarısını açık ortaya koymuştur. Grafik 5.2'de görüldüğü gibi 1 puan değerine sahip seçeneklerin işaretlenme frekansları dikkate alınacak bir değişiklik göstermezken 2 ve 3 puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı azalmış, 4 ve 5 puan değerindeki seçeneklerin işaretlenme frekansı ise ciddi derecede artmıştır. Bu durum öğrencilerin araştırmada uygulanan öğretimin öğrencilerin fizik dersine yönelik tutumlarını olumlu yönde artırdığına yönelik bir kanıt olarak gösterilebilir.

Öğrenciler ile yapılan son ve gecikmiş son görüşmelerde kullandıkları “*Fizik dersini daha önce sevmezdim. Ancak şimdi derse katıldıkça kendime olan güvenim arttı*”, “*Fizik dersine artık daha istekli gidiyorum ve seviyorum*”, “*Fizik dersine karşı artık olumlu bakıyorum. Eskiden çok canım istemiyordu. Fizik dersine artık istekle gidiyorum severek giriyorum*”, “*Birşeyleri öğrenme hevesim arttı. Yarın fizik dersi mi var? Konu neydi, en son ne tartışmıştık diye düşünerek gidiyorum*”, “*Modern fiziği başardım. Mutlu oldum. Diğer konuları da başarabileceğimi inanmaya başladım*” şeklindeki ifadeleri onların fizik dersine yönelik tutumlarının yapılan öğretimden olumlu etkilendiğinin kanıtıdır. Pekrun ve arkadaşları (2002) pozitif duyguların öğrencilerin motivasyonlarını artırdığını, ayrıca onların kritik düşünme, test ederek değerlendirme ve üst bilişi kullanmaya yönlendireceğini ifade

etmektedir. Linnenbrink ve Pintrich (2002) ile Gregoire (2003) çelişkili olaya karşı pozitif duygular geliştiren öğrencilerin yeni ve eski kavram arasındaki çatışmayı rahatlıkla fark ederek kavramsal değişim sürecine geçebileceklerini belirtmektedir. Korku, öfke ve kaygı gibi negatif duygular ise düşük düzeyde akademik başarı ile sonuçlanmaktadır. Pekrun'a (2006) göre negatif duygular motivasyonu olumsuz etkilemekte öğrencinin yüzeysel bilişsel işleme yapması ile sonuçlanmaktadır. Gregoire (2003) ise kaygı gibi negatif duygular, öğrencinin çelişkili olayı bir tehdit olarak algılamasına böylelikle kavramsal değişime karşı direnç göstermektesine neden olmaktadır. Broughton, Nussbaum ve Sinatra (2011) duygular ile kavramsal değişim arasında pozitif ilişki bulunduğunu rapor etmektedir. Az önce belirtilen öğrenci ifadeleri ve FDYTÖ'nin analizi sonucunda oluşturulan Grafik 5.2 öğretimin korku, kaygı gibi negatif duyguların da azaltılmasını sağlayabildiğini göstermektedir. Bu özelliğinin de kavramsal değişim sürecini destekleyerek modelin değerini artırdığı düşünülmektedir.

6.4 Sıcak Kavramsal Değişim İçin Önerilen Öğretim Modeline İlişkin Sonuçlar

Bu araştırmada önerilen sıcak kavramsal değişim için motivasyonel ve üst bilişsel stratejiler ile desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretimin, öğrencilere modern fizik kavramlarına yönelik kavramsal değişimlerinde yardımcı olma noktasında başarılı olduğu görülmüştür. Önerilen öğretim modeli temelde Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen kavramsal değişim modeline böylelikle bilişsel çatışmaya dayanmaktadır. Alan yazında birçok çalışmada görüldüğü gibi kavramsal değişimin ilk şartı bilişsel çatışmadır (Posner ve arkadaşları, 1982; Hewson ve Hewson, 1984; Hewson ve Thorley, 1989; Limon, 2001; Zohar ve Kravetsky, 2005; Lee ve Byun, 2012; Hadjiachilleos ve arkadaşları, 2013). Araştırma sonuçları bilişsel çatışma yaşayan öğrencilerin zayıf ya da güçlü kavramsal değişimi yaşadıklarını, bilişsel çatışma yaşamayanların ise kavramlarından hoşnutsuz olmadıklarından kavramsal değişim yaşayamadıklarını göstermiştir. Özellikle Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili sorunun analizleri bu durumun en güzel kanıtıdır. Bununla birlikte araştırmada önerilen modelde grupta çalışma ve sınıf tartışması yöntemlerine yer verilmesi anlamlı bilişsel çatışmanın sağlanmasında da rol oynamıştır. Öğrenci D31'in, arkadaşı D23'ün "en sıcak yıldızlar mavi yıldızlardır" şeklindeki ifadesinin

kendisinin kavramsal değişiminde başlangıcı oluşturduğu şekildeki ifadesi grupla çalışma ve tartışma yöntemlerinin bilişsel çatışmanın oluşturulmasındaki önemini göstermektedir. Bununla birlikte öğrencilerin öğretim sonrasındaki ifadelerinden grupla çalışma ve tartışma yöntemlerinin onların motivasyonlarını artırma noktasında da olumlu katkı yaptığı görülmüştür. Bu anlamda öğretimin, Dole ve Sinatra'nın (1998) kavramsal değişime yönelik kurdukları modeldeki (BBYYM) *biliş için istekli olma* noktasındaki katkıları da dikkate değer durumdadır. Zhou (2010) ile Çelik ve Kılıç (2014) gibi çalışmalarda olduğu gibi tartışma yönteminin kavramsal değişim üzerindeki olumlu etkileri bu araştırmada da ortaya çıkarılmıştır. She (2002) tarafından önerilen İkili Yerleşik Öğrenme Modelinin bu araştırmadaki modelin geliştirilmesine ışık tuttuğu belirtilmiştir. She (2002) mevcut zihinsel kurgu ile yeni zihinsel kurgu arasındaki hoşnutsuzluğa vurgu yapmakta ve mevcut kavramların aktive edilmesinin önemini belirtmektedir Bu araştırmada önerilen modelde de yer alan “çelişkili olayın çatışacağı ön bilgilerin gözden geçirilmesi” bölümü ile anlamlı bilişsel çatışmanın sağlanmasına katkı yapıldığı düşünülmektedir.

Araştırmada önerilen modele dayalı tasarlanan öğretimde motivasyonel unsurları dikkate alması ile birlikte üst bilişi harekete geçirmek için öğrencilerin yöreklendirilmeye çalışıldığı belirtilmiştir. Üst bilişi hareketlendirecek “bu açıklamalar neden akla yatkın, neden işe yarar” şeklindeki soruların öğrencilere kavramsal değişimlerinde yardımcı olduğu düşünülmektedir. Yıldız (2008) da yaptığı çalışmada kavramsal değişim üzerinde üst bilişin olumlu etkilerini göstermiştir. Bu araştırmada tasarlanan öğretimde kullanılan üst bilişsel stratejilerin öğrencilere kavramsa değişimlerinde yardımcı olduğu düşünülmektedir. Üst biliş, örneklemedeki öğrencilerin kavramsal değişimlerinin sağlanmasında tek değişken olarak gösterilemez. Ancak bulgular bölümünde detayları verilen öğrenci D4'ün “*Bu çalışmaları yapmamız, bizlere konunun gerçekte nasıl öğrenileceği konusunda da fikir vermiş oldu. Bizler için artık konuların bilinmesi yeterli değil. Ben bu konuyu anladığımdan nasıl eminim sorusunu soruyoruz kendimiz.*” şeklindeki ifadeleri üst bilişin kavramsal değişimi olumlu olarak etkilemesinin yadsınamayacağını göstermektedir. Araştırmanın *değerlendirme* bölümünde öğrencilerin mevcut kavramları ile ön kavramları arasındaki farklılıkları tartışmalarının, varsa farklıluğa neden olan etkenleri gözden geçirmelerinin de kavramsal değişime olumlu katkı yaptığı düşünülmektedir. Öğrenci D31'in “*Fotoelektrik olayda yapıların*

kapanmasının mümkün olmadığını düşünmüştüm. Çünkü camın içinde güneş ışığına maruz kalan her şeyin yüklenmesi gerekeceğini düşünmüştüm. Ama videoyu izleyince ışığın elektroskoptaki yüke etki edebileceğini gördüm” şeklindeki açıklaması değerlendirme bölümünün öğrencilere kavramsal değişim süreçlerinde yardımcı olduğunu göstermektedir.

MFKT’deki sorulara ilişkin bulgular bölümünde yer alan analiz tablolarının özeti aşağıda Tablo 6.8’de verilmiştir. Tablo 6.8’de yalnızca öğretim sonrası uygulanan son test ve öğretimden beş ay sonra uygulanan gecikmiş son testteki bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdeleri aktarılmıştır.

Tablo 6.8: Öğrencilerin MFKT’deki kabul edilebilir yanıtlarının sorulara göre yüzdeleri.

Soru Numarası	Konu	Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar (%)	
		Son Test	Gecikmiş Son Test
1	Fotoelektrik olay	90	67,5
2	Compton olayı	67,5	72,5
3	Işığın ikili doğası	75	85
4	Siyah cisim ışıması	82,5	70
5	Işığın momentuma sahip olması	77,5	90
6	Atom Modelleri (Modern)	72,5	67,5
7	Atom Modelleri (Bohr)	80	65
8	Atom Modelleri (Bohr)	52,5	62,5
9	Elektronların ikili doğası	52,5	62,5
10	Atom Modelleri (Modern)	67,5	65
11	Atom Modelleri – Belirsizlik ilkesi	57,5	52,5

She (2002) çalışmasından önerdiği İkili Yerleşik Öğrenme Modeline dayalı olarak tasarlandığı öğretim ile öğrencilerin %76 ile %90’ı arasında değişen çoğunluğunun kavramsal değişimi sağladığını ifade etmiştir. Tablo 6.1’e bakıldığında son test ve gecikmiş son testteki bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdesinin %52,5 ile %90 arasında değiştiği görülmektedir. She’nin (2002) önerdiği modelin kavramsal değişimi gerçekleştirme bakımından üst sınırına bu araştırmada da ulaşılmışken, alt sınır She’nin (2002) çalışmasının gerisinde kalmıştır. Ancak bu durum değerlendirilirken She’nin (2002) yaptığı çalışmada İYÖM’ye dayalı olarak atmosfer basıncı, yüzme ve batma ile ısı ile geleşme gibi

klasik fizik konuların öğretimini yapmış olduğu da dikkate alınmalıdır. Modern fizik konu ve kavramlarının yeni zor yapısı dikkate alındığında bu araştırmada önerilen modelin genel olarak modern fizik kavramlarına yönelik kavramsal değişimi sağlama bakımından başarılı olduğu görülmektedir. Diakodoy, Mousknounti ve Ionnides (2011), araştırmalarda kullanılan gecikmiş son test uygulamalarında öğrencilerin kavramsal değişim düzeylerinin genellikle ya aynı kaldığını ya da gerilediğini ifade etmektedir. Tablo 6.8’de araştırmacıların önerilerini destekleyen durumlar ile birlikte tersi bir durum olarak son testten gecikmiş son teste yüzdelerin arttığı da görülmektedir. Bu durum kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan ya da hiç yaşamayan öğrenciler için zamanın olumlu etkisi olarak gösterilebilir. Öğretim üzerinden geçen zaman öğrenciler için yeni deneyimler anlamı taşımaktadır. Deneyimler bazı öğrencilere kavramsal değişim için bir fırsat oluşturmakta, bazıları içinse tekrar eski kavramına dönme nedeni olmaktadır. Son testten gecikmiş son teste yüzdelerdeki artış ve azalışlar tam anlamıyla zamanın etkisi olarak da yorumlanmamalıdır. Önceki bölümlerde bazı soruların gecikmiş son testte aynı kazanımı ölçecek şekilde yeniden düzenlendiği belirtilmişti. Bu anlamda son test ile gecikmiş son test yüzdeleri bakımından farklılıkları açıklamak için Limon (2001) ve Yıldız’ın (2008) çalışmalarında belirtildiği gibi öğrencilerin sonuç çıkarma becerilerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

7. ÖNERİLER

Bu bölümde araştırmada uygulanan öğretime, araştırmada test edilen sıcak kavramsal değişim için öğretim modeline ve araştırmanın konusu ile ilgili çalışma yapmak isteyen araştırmacılara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

7.1 Araştırmada Uygulanan Öğretime Yönelik Öneriler

Fotoelektrik olay ile ilgili öğretim aşamaları, modern fizik kavramlarına yönelik kavramsal değişimlerinde öğrencilere yardımcı olma noktasında oldukça başarılıdır. Ön ve son olarak uygulanan MFKT’de sorulan fotoelektrik olay ile ilgili soruda verilen elektroskoba ışık düşürülmekte ve elektroskobun yapraklarında herhangi bir değişim olmamaktadır. Ayrıca gecikmiş son testte değiştirilerek sorulan soruda da ampermetrede akım ölçülmemektedir. Sorunun (a) bölümünde ışığın şiddetini artırarak elektroskobun yük miktarı değiştirmenin mümkün olup olmadığı sorulmaktadır. Son ve gecikmiş son testte verilen kabul edilemez türden yanıtların büyük bir çoğunluğu Gregoire’ye (2003) göre yüzeysel işleme olarak değerlendirilen “şiddet artarsa, kopan elektronların sayısı artar” şeklinde kestirme ifadeler içermektedir. Bu türden yanıtlar foton enerjisinin bağlanma enerjisini aştığı durumlar için doğrudur. Ancak soruda verilen durumlarda henüz elektronlar metalden kopmuş durumda değildir. Yapılacak yeni öğretimlerde şiddetin değiştirilmesinin, foton enerjisinin bağlanma enerjisinin üstünde ve altında olduğu durumlar üzerindeki etkisinin daha detaylı tartışılması bu araştırmanın önerileri arasındadır. Öğretimde her iki durum üzerinde şiddetin artırılması üzerine ek etkinliklere yer verilmelidir.

Öğrencilerin öğretim öncesinde büyük çoğunlukla yüklü ışık görüşüne sahip oldukları önceki bölümde belirtilmişti. Yapılan öğretim öğrencilerdeki yüklü ışık görüşünün tamamen terk edilmesini sağlamıştır. Öğretim aşamalarında öğrencilere 10.sınıf modern fizik ünitesinde öğretimi yapılan özel göreliliğin kabullerinin hatırlatılması kavramsal değişimi sağlamada oldukça başarılı olmuştur. Öğrencilere yüklü ışığın elektronlardan veya protonlardan oluştuğu düşünülürse kütleye sahip

olması gerektiği, kütleye sahip ışığında özel göreliliğe göre asla ışık hızında gidemeyeceği şeklinde açıklamalar yapılmıştır. Bilimsel olmayan yüklü ışık görüşü ile karşılaşılan durumlarda özel görelilik kuramının tartışmalara dâhil edilmesi öğretim için iyi bir çözüm olduğu bu araştırma ile ortaya çıkarılmıştır.

MFKT'den ve görüşmelerden Compton olayı ile ilgili elde edilen veriler öğrencilerin Compton olayı ile Rutherford'un alfa saçılma deneyini birbirlerine karıştırabildiklerini göstermiştir. Bu durumun bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdesini en çok düşüren etken olduğu da bulgular bölümünde tartışılmıştır. Yapılacak yeni öğretimlerde Compton olayı ile birlikte Rutherford'un deneyini birlikte içeren problem durumlarının oluşturulması, benzerlik ve farklılıklarının tartışılması bu karmaşanın önüne geçebilecektir. Ayrıca öğrencilerin ön kavramlarının ortaya çıkarıldığı bölümde öğrencilere "X ışınları çekirdeğe çarpıp saçılıyor olabilir mi?" sorusu sorularak bu durumun mümkün olmadığı bilimsel bilginin taşıtıldığı bölümde açıklanabilir. Özellikle ışığın çekirdeğe çarpıp saçılması ya da çekirdeğe yakın geçenlerin saçılması görüşlerine sahip öğrencilerin kavramsal değişimleri bilimsel görüşe doğru sağlanabilirse, bu araştırmada yapılan öğretimin Compton olayına yönelik bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdeleri bakımından büyük başarı sağlayacağı düşünülmektedir.

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından 2008 yılında yayınlanan 11. Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programında Compton Olayı, *fotonların elektronlar tarafından saçılması deneyi* olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca kazanımlara ilişkin yapılan açıklamalarda "atomun bağlı elektronu ile foton etkileşiminin Compton Olayı ile açıklanması" bir kavram yanılgısı olarak belirtilmektedir. Ayrıca Yıldız ve Büyükkasap (2011) Compton Olayı ile ilgili araştırmalarında "Bir fotonun zayıf bağlı bir elektrona çarparak ona enerji aktarmasıdır", "Işığın elektrona çarptıktan sonra belli bir açıyla saçılmasıdır" şeklindeki öğrenci yanıtlarını bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar olarak değerlendirmişlerdir. Ancak Compton Olayı ile ilgili bu ifadeler melez bir kavramı işaret etmektedir. Bilimsel olarak Compton Olayında X ışını fotonu atom tarafından soğrulmakta, elektron saçılmakta ve uyarılmış atom yeniden başka bir foton yayınlamaktadır. Özetle gelen foton ve saçılan foton başka fotonlardır. Milli Eğitim Bakanlığı resmi internet sitesinde bulunan ders notlarında Compton Olayı ile ilgili temelde iki görüş olduğu, ilk görüşün fotonun gelip

elektrona enerji aktardıktan sonra kendisinin daha az bir enerji ile saçılması, ikinci görüşün ise fotonun atom tarafından soğrulması, elektronun kopup saçılması, ardından uyarılmış atomun başka bir foton yayması şeklinde olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte aynı notlarda Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezinin kabul ettiği görüşün birinci görüş olduğu uyarısını yapılmaktadır. İkinci görüş bilimsel olarak tam doğru olmakla birlikte uygulama açısından sorunlar yaratacağı düşünülmektedir. Çünkü öğrenciler, atomun foton soğurması konusunu henüz öğrenmiş durumda değildir. Ayrıca Milli Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim 11. Sınıf Fizik Ders Kitabı Compton Olayını sözü edilen birinci görüşle açıklamaktadır. O nedenle bu araştırmada çarpışma sırasında ne olduğundan çok Compton Olayının ışığın tanecik özelliğinin, ışığın momentuma sahip olmasının bir kanıtı olduğu üzerinde durulmuştur. Compton olayında enerji ve momentumun korunması noktaları üzerinde durulmaya çalışılmıştır. Bu noktada yeni araştırmalara ve öğretim programının yeniden gözden geçirilmesine ihtiyaç vardır.

Bazı öğrencilerin siyah cisim ışıması konusundaki ışıma şiddeti – dalgaboyu grafiğini açıklamakta zorlanabildikleri görülmüştür. Bazı öğrencilerin de ışıma şiddeti – dalgaboyu grafiğini açıklarken “sıcaklık artarsa frekans artar, dalgaboyu azalır, şiddet değişmez” şeklindeki ifadeleri onların foton enerjisi ile şiddet – dalgaboyu grafiğini bağdaştırdıklarını göstermektedir. Bu araştırmada önerilen öğretim modelinde yer alan öğrenilen bilgilerin yeni problem durumlarına uygulanması aşamasında konu ile ilgili etkinliklere daha fazla yer verilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Böylelikle yüzeysel işlemlerin önüne geçilebilir ve öğrencilere güçlü kavramsal değişim için yeni fırsatlar oluşturulabilir.

Işığın tanecik modeli alt ana başlığında öğretimi yapılan ışığın momentuma sahip olması konusunun genel olarak öğrencilere kavramsal değişimlerinde yardımcı olduğu görülmüştür. Düzenekteki metal levhaların dönüşünde, bir bilyenin duvara esnek çarpması ile aynı kütle ve hıza sahip bir oyun hamurunun duvara aynı hızla çarpıp yapışması arasındaki momentum değişimi dolayısıyla itme farkının analoji olarak kullanılmasının öğrencilerin kavramsal değişimlerine onlara yardımcı olduğu görülmüştür. Bulgular bölümünde görülebileceği gibi son ve gecikmiş son testte öğrenciler soruyu çoğunlukla bu analogiyi kullanarak yanıtlamışlardır. Kavramsal

değişimde analogilerin kullanımı başka araştırmalarda da önerilmektedir (Posner ve arkadaşları, 1982; She, 2002; She ve Liao, 2010)

Öğretim aşamalarında öğrencilere çalışmalarını için bilgisayar ortamında Frank - Hertz Deneyi, çeşitli gazlara ait yayma ve soğurma spektrumu simülasyonları verilmiştir. Simülasyonlar üzerinde çalışmalarını, ortaya çıkan sonuçları grup içinde daha sonra sınıf ortamında tartışmaları öğrencilerin Bohr Atom Modeli ile ilgili soruyu yanıtlamalarında onlara yardımcı olmuştur. Örneğin simülasyonlarda bir gazın ait çizgi spektrumunda renkli görülen bölgelerin, soğurma spektrumunda siyah gözükmesi durumunun sınıf içinde tartışılması öğrenciler için akılda kalıcılığı artırdığı görülmüştür. Görüşme yapılan öğrenciler genellikle öğretim aşamalarına vurgu yaparak soruyu yanıtlamıştır. Öğrenci D31 gecikmiş son görüşmede "bir atom yaydığı ışığı soğurabilir" şeklinde bir açıklama yaparak, yayma ve soğurma spektrumlarına ait simülasyonlardan çıkan sonuçları özetlemiştir.

Atom modelleri öğretimi konusunda alan yazında bazı karşıt görüşlerin var olduğu sonuçlar bölümünde belirtilmişti. Örneğin Fischler ve Lichtfeld (1992) atomun yalnızca Hisenberg'in belirsizlik ilkesine dayanan Modern Atom Modeli ile açıklanması gerektiğini vurgulamaktadır. Onlara göre; Bohr Atom Modelinin atomun gerçek yapısını öğrenme önünde ciddi bir engel oluşturmaktadır. Araştırmacılar hidrojen atomunun öğretiminde dahi Bohr Atom Modeli öğretiminden kaçınılması gerektiğini belirtmektedir. Buna karşılık Petri ve Niedderer'a (1998) göre ilköğretim ya da ortaöğretimde Modern Atom Modelinin öğretimi uygun değildir. Araştırmacılara göre; Bohr Atom Modeli öğrencilerin atomun yapısını öğrenmelerinde onlara yardımcı olan önemli bir basamaktır. McKagan, Perkins ve Wieman (2008) yaptıkları araştırmada, atomun yapısının öğretiminde, atom modellerinin birbirleri ile olan benzerlikleri ve farklılıklarının karşılaştırmalı olarak verilmesinin öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu araştırmada da McKagan ve arkadaşları'nın (2008) önerdiği şekilde öğretim uygulanmıştır. Örneğin, Bohr Atom Modeli öğretiminden sonra, hidrojen atomunun çizgi spektrumundaki çizgilerin daha ince çizgilere yarılmış olması gibi durumlar Modern Atom Modeli öğretiminde bilişsel çatışma unsuru olarak kullanılmıştır. Benzer bir durum olarak, Rutherford Atom Modeli öğretimi sonrasında öğrencilerin değişik elementlerin yaydığı ışınların çizgi spektrumlarının gözlenebildiği

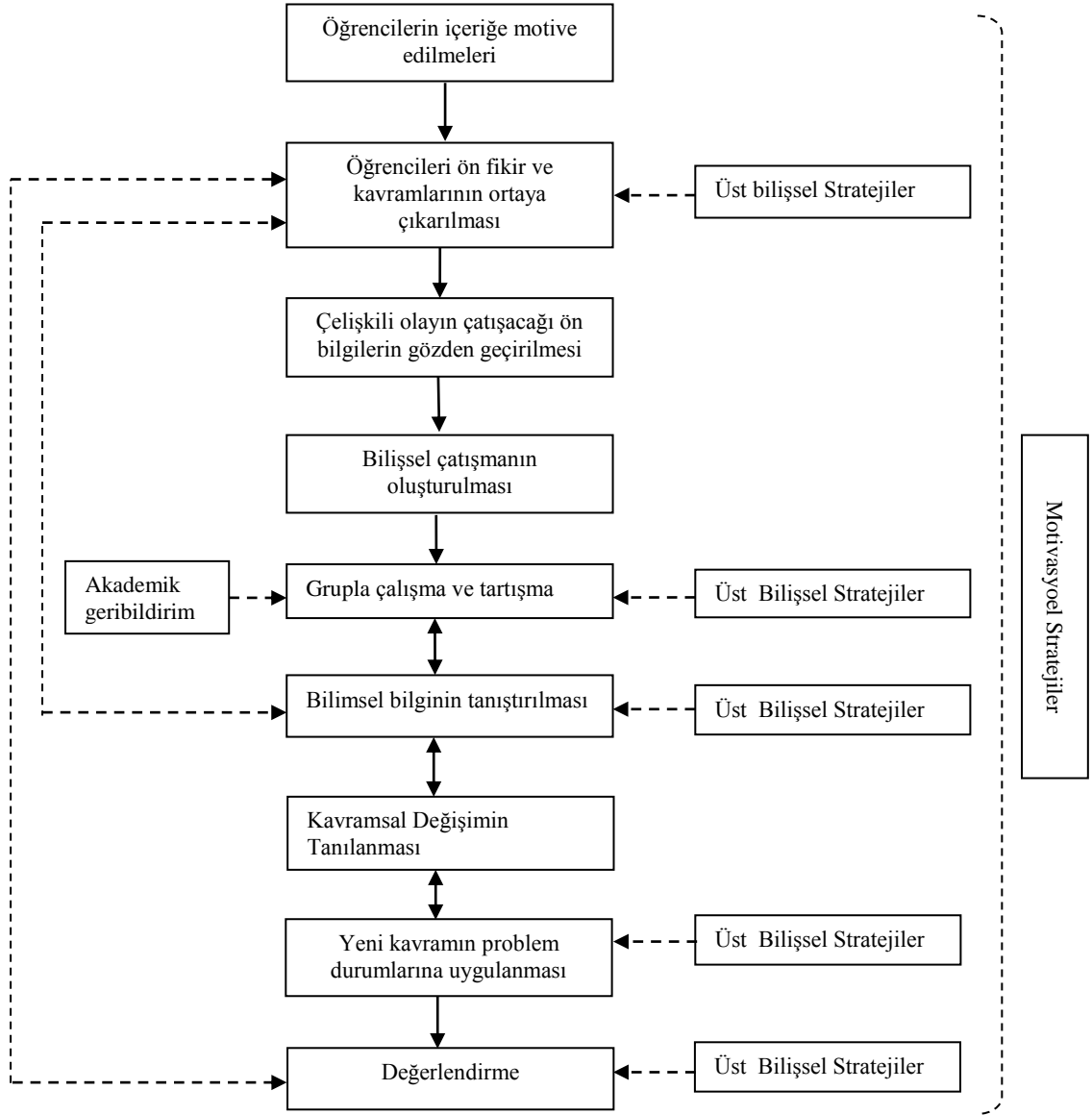
simülasyonlara yönlendirilmesi gösterilebilir. Bu araştırmada önerilen öğretim modelinin öğrencilerin atom modelleri ile ilgili kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olduğu görölmüştür. Ancak bu araştırmada, Fischler ve Lichtfeld'in (1992) araştırmalarında belirtildiği gibi özellikle Bohr Atom Modelinin öğrencilerin Modern Atom Modelini ve öğrenmelerinde bir engel oluşturduğu, ayrıca melez model kurmalarına neden olduğu da görölmüştür. Bu nedenle öğrencilerin Bohr Atom Modelinin açıklayamadığı durumlar ile daha çok karşı karşıya getirilmeleri gerekmektedir. Ayrıca, öğrencilerin Modern Atom Modelinin bu durumları başarılı bir şekilde açıkladığını kendi deneyimleri ile fark etmeleri kavramsal değişim için oldukça önemlidir.

Bununla birlikte Frank - Hertz Deneyinde çizdirilen akım - hızlandırıcı gerilim grafiği ile gazlara ait yayma ve soğurma spektrumları arasındaki ilişkinin sınıf ortamında daha dikkatli ilişkilendirilmesi gerektiği görölmüştür. Daha önceden bulgular bölümünde belirtildiği gibi son testte öğrencilerin bazıları Frank - Hertz Deneyindeki akım hızlandırıcı gerilim grafiğini, atoma ait enerji zaman grafiği olarak çizmişlerdir. Ortaya çıkan bu araştırma sonucunun bundan sonra yapılacak olan modern fizik öğretimlerinde tekrarlanmaması için çizilen grafiğin anlamı üzerinde daha çok durulması gerekmektedir.

Johanson ve Milstead (2008) ile Özdemir (2008) araştırmalarında Heisenberg'in belirsizlik ilkesine ait öğretiminin tek yarıktaki kırınım deseni kullanılarak yapılmasını önermişlerdir. Yarıktan geçen elektronların konum değerleri bir dağılım oluşturmakta, perde üzerinde oluşan desen de momentuma ait bir dağılım oluşturmaktadır. Yarık daraltıldığında perde üzerindeki desen genişlemektedir. Bu düzenek Heisenberg belirsizlik ilkesinin öğretimi için öğrencilere kullanışlı bir durum sunmaktadır. Özdemir (2008), öğrencilerin belirsizlik ilkesi konusunda hissiz olduklarını belirtmektedir. Bu nedenle belirsizlik ilkesine yönelik yapılacak olan öğretimlerde öğreticiler tarafından ön kavramların ortaya çıkarıldığı aşamaya alan yazında karşılaşılan kavram yanılgıları eklenip tartışılmaları sağlanabilir. Öğrenilen bilgilerin yeni problem durumlarına uyarlandığı aşamada öğrencilere belirsizlik ilkesi ile kavram yanılgıları içeren ifadelerin yer aldığı metinler okutturularak tartışmaları sağlanabilir.

7.2 Öğretim Modeline İlişkin Öneriler

Araştırmada Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ile ilgili soruda kavramsal değişimi yaşayan öğrencilerin yüzdesi diğer sorudaki yüzdelere göre düşük düzeyde kalmıştır. Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilgili öğretim aşamalarında öğrencilerin ön kavramları ortaya çıkarılmış, bunun üzerine öğretim kurgulanmıştır. Ancak öğretim öncesinde öğrencilerin çoğunda belirsizlik ilkesine yönelik bir kavramsal ekoloji bulunmamaktadır. Belirsizlik ilkesine yönelik bir kavramsal anlamaya sahip öğrenciler de önceki eğitim öğretim yılında kimya dersinde öğrendikleri ancak sağlam kökleri olmayan inançlara sahiptir. Öğrencilerin var olan kavramlarının üzerine kurgulanan öğretimden beş ay sonra uygulanan gecikmiş son testte belirsizlik ilkesi ile ilgili sorulan soruda alan yazında belirsizlik ilkesine ilişkin kavram yanılgıları içerik olarak kullanılmıştır. Sorunun içeriğinde “Belirsizlik ilkesinden ne anlıyorsunuz” ifadesini kullanan bir öğretmene öğrenciler yanıt vermektedir. Öğrencilerden birinin yanıtı doğruyken diğerlerinin açıklamaları alan yazındaki kavram yanılgılarını içermektedir. Kavramsal değişimi zayıf yaşayan öğrenciler için bu durum olumsuz etki yapmıştır. Alan yazında karşılaşılan kavram yanılgıları derste tartışılmadığından zayıf kavramsal değişim yaşayan öğrencilere mantıklı gelmiştir. Örneğin sorudaki öğrencilerden biri “Belirsizlik ilkesinin teknolojik yetersizlikten dolayı elektron proton gibi küçük nesnelerin momentum ve konumlarının aynı anda ölçülemiyor olması” olduğunu ifade etmektedir. Başka bir öğrenci ise sıcak suya daldırılan termometrenin kendisi de ısı alacağı için hiçbir zaman suyun gerçek sıcaklığını ölçemeyeceğini ve bunun belirsizlik ilkesi olduğunu ifade etmektedir. Zayıf kavramsal değişim yaşayan öğrenciler tarafından bu yanıtlar daha kolay açıklanabilir oluşlarından dolayı kabul görmektedir. Bilişsel çatışma yaşayamayan, yeterince ikna edilemeyen ya da kendilerine sunulan materyallerden gerekli sonuçları çıkaramayan bu öğrencilere alan yazındaki daha çok klasik fiziğe dayalı bakış açıları akla yatkın gelebilmektedir. Abhang'ın (2005) ifade ettiği gibi öğrencilere oldukça anlaşılabilir ve esrarengiz gelen ve Özdemir'e (2008) göre oldukça hissiz oldukları modern fizik kavramlarına göre klasik fizik kavramları daha cazip gelmektedir. Özetle bu araştırmanın en önemli önerilerinden biri de modeldeki öğrencilerin ön fikir ve kavramlarının ortaya çıkarıldığı bölüme alan yazındaki kavram yanılgılarının da dâhil edilmesi gerektiğidir.



Şekil 7.1: Bu araştırma sonunda önerilen Sıcak Kavramsal Değişim İçin Üst Bilişsel ve Motivasyonel Stratejiler ile Desteklenmiş Bilişsel Çatışmaya Dayalı Öğretim Modeli.

She (2002) tarafından önerilen İkili Yerleşik Öğrenme Modeli ve buna dayalı olarak önerdiği öğretim modelinde bilişsel çatışmanın oluşması için mevcut zihinsel yapının kurgulanmasının önemi vurgulanmaktadır. She'nin (2002) bu vurgusu daha önce belirtildiği gibi bu çalışmada önerilen sıcak kavramsal değişim için öğretim modelinin “çelişkili olayın çatışacağı bilgilerin gözden geçirilmesi” kısmına kaynaklık etmiş ve anlamlı bilişsel çatışmanın oluşturulabilmesi için bir çaba olarak görülmüştür. Modele eklenen bu aşamanın önemi öğretim aşamalarında ortaya çıkmaktadır. Örneğin fotoelektrik olay ile ilgili öğretim aşamalarında bazı öğrencilerin elektrostatik kavramlarında, ayrıca elektroskopun yapraklarının açık ve

kapalı olmasının ne anlama geldiği gibi noktalarda bazı bilgi eksiklerine sahip oldukları gözlenmiştir.

Kavramsal değişimde ılık eğilimi öneren Dole ve Sinatra (1998) ile sıcak eğilimi öneren Gregoire (2003) çalışmalarında ortak olarak yüzeysel işleme ya da çevresel rota işleminin sonucu olarak zayıf kavramsal değişimi vurgulamaktadırlar. Bu araştırmada da öğrencilerde zayıf kavramsal değişim kendisini en çok atom modelleri ve belirsizlik ilkesi soyut ve zor yapıya sahip konularda göstermiştir. Bulgular bölümündeki analiz tablolarındaki bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtların yüzdelerini düşüren en önemli etken zayıf kavramsal değişim olmuştur. Bu nedenle bu araştırmada önerilen sıcak kavramsal değişim için öğretim modeline *kavramsal değişimin tanılanması* aşamasının eklenmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu eklenti ile birlikte modelin önerilen son hali Şekil 7.1’ de görülmektedir. Kavramsal değişimin tanılanması aşamasında, kavram testi kullanılarak zayıf ve güçlü kavramsal değişim yaşayan öğrenciler belirlenmelidir. Zayıf kavramsal değişime neden olan çevresel ipuçları tanılanmalı ve onlarla kavramsal değişim metinleri, çürütücü metinler v.b materyaller kullanılarak mücadele edilmelidir.

7.3 Araştırmacılar İçin Yeni Araştırmalara Yönelik Öneriler

Pintrich ve arkadaşlarının (1993) kavramsal değişime yönelik yaptıkları eleştiriler sonrasında, kavramsal değişim modellerine duyuşsal unsurların zaman içinde eklendiği görülmektedir (Tyson ve arkadaşları, 1997; Alsop ve Watts, 1997). Sonrasında kavramsal değişimde ılık eğilim (Dole ve Sinatra, 1998) ardından da kavramsal değişimde sıcak eğilim (Gregoire, 2003) önerilmiştir. Önerilen bu modellere ilişkin deneysel çalışmalar ise azınlıktadır (Lee ve Byun, 2012). Yapılan deneysel çalışmalar da genelde kavramsal değişimin motivasyon ve ona ait alt bileşenler ile ilişkisi kurulmuş ya da kavramsal değişimi olumlu etkileyip etkilemedikleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır (Taasobshirazi ve Sinatra, 2011; Lee ve Byun, 2012, Broughton ve arkadaşları, 2013). Ancak kavramsal değişime yönelik öğretim modeli önerilerinin soğuk kavramsal değişime dayandığı, ılık ve sıcak eğilim üzerine öğretim modeli önerisinin bulunmadığı görülmektedir. Bu alanda çalışma yapacak araştırmacıların kavramsal değişim için öğretim modelleri üzerine çaba sarf etmeleri bu araştırmanın önerileri arasındadır. Ayrıca motivasyonun ve duyguların

kavramsal değişimi etkilediği gerçeğinden (Broughton ve arkadaşları, 2013; Heddy ve Sinatra, 2013; Johnson ve Sinatra, 2014) hareketle, öğrencilerin motivasyonlarının ve fizik dersine yönelik tuumlarının nasıl artırılabilceği soruları üzerinde daha fazla çaba gösterilmesi bu araştırmada önerilmektedir.

She (2002, 2003, 2004a), Lee ve Byun (2012) ile Hadjiachilleos ve arkadaşları (2013) gibi çalışmalarda görüleceği üzeri bilişsel çatışma kavramsal değişimin olmazsa olmazı ve eskimeyen bir değeri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak daha önce giriş bölümünde belirtildiği gibi Posner ve arkadaşları (1982) tarafından önerilen bilişsel çatışma eleştiri almaktadır (Limon, 2001). Bu araştırmada özellikle anlamlı bilişsel çatışma oluşturmak için çaba harcanmıştır. Önerilen modele dayalı öğretim kavramsal değişimi sağlamadaki başarısı da daha önce tartışılmıştı. Ancak bilişsel çatışmanın ne şekilde oluştuğunun, hangi durumlarda bilişsel çatışma oluşsa bile sonucun kavramsal değişimle sonuçlanmayacağının yeni araştırmacılar için halen cazip bir konu olduğu düşünölmektedir. Ayrıca yeni araştırmacıların anlamlı bilişsel çatışma için öğretimde işlevsel yeni çözümler önerileri getirebilecekleri de bu araştırmada önerilmektedir.

Pintrich devrimi sonrasında kavramsal değişim modellerinin duyuşsal unsurlarla yeniden yapılandırıldığı görölmektedir. Ancak Yıldız (2008) bu modellerin üst bilişi dikkate almadıklarını belirtmekte ve modelleri bu yönü ile eleştirmektedir. Yaptığı araştırma ile kavramsal değişim üzerinde üst bilişsel yönlendirmelerin olumlu etkisini gösteren Yıldız (2008) bu araştırmayanın kuramsal çerçevesinin oluşmasında büyük pay sahibidir. Özellikle kavramsal değişime dayalı olarak geliştirilen ve üst bilişi dikkate alan öğretim modeli ilk defa bu araştırmada önerilmiştir. Alanda çalışma yapacak araştırmacılar için bilişsel çatışma aşamasında üst bilişin etkilerinin deneysel olarak açığa çıkarılması ilgi çekici olacaktır.

Bu araştırmada öğretim aşamalarında phet@colorado.edu, www.ksu.edu (görsel kuantum mekaniği laboratuvarı) adreslerinde yer alan simölasyonlar kullanılmıştır. Ancak araştırma esnasında simölasyonların bazı eksikleri bulunduğu ortaya çıkmıştır. Örneğin phet@colorado.edu adresinde yer alan fotoelektrik olay ile ilgili fotosel devresinde elektronlar küçük toplar olarak gösterilmektedir. Bu durum öğrencilerin elektronlara bakış açılarını klasik fizikle sınırlamaktadır. Bununla

birlikte www.ksu.edu adresinde yer alan Frank ve Hertz deney tüpü ciddi anlamda emek verilerek hazırlanmış ve oldukça işlevsel bir simülasyondur. Ancak gaz uyarılmaya başlayıp akım düştüğünde tüpün belirli bölgelerinden ışık çıkmaktadır. Bu durumda öğrenciler araştırmacının gitmelerini istediğ yönden saparak tüpün belirli bölgelerinde ışık çıkması noktasında takılı kalabilmektedirler. Benzer durumlarla karşılaşmamak için araştırmacılar yeni projeler ile modern fizik kavramlarına yönelik bilgisayar simülasyonları hazırlayabilir ve etkililiğni araştırmalar ile test edebilirler.

8. KAYNAKÇA

Abhang, R.Y. (2005). Making introductory quantum physics understandable and interesting. *Resonance*, 10, 63-73.

Açıköz, K. (2003). *Aktif Öğrenme*. İzmir: Eğitim Dünyası Yayınları.

Akpınar, E. (2006). Fen eğitiminde soyut kavramların yapılandırılmasında bilgisayar desteği: Yaşamımızı yönlendiren elektrik ünitesi. Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Akyol, D. (2009). Fen Alanlarında Öğrenim Gören Üniversite Öğrencilerinin Zihinlerindeki Atom Modellerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, *Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Alsop, S. And Watts, D. M. (1997). Sources from a Somerset Village: A Model for informal learning about radiation and radioactivity. *Science Education*, 81, 633-650.

Altınsoy, S. (2012). Fen ve Teknoloji Öğretmen Adaylarının Üstbilişsel Stratejileri Kullanmalarının Özel Görelilik Teorisi Konusundaki Başarıları ve Kuantum Fiziğine Yönelik Tutumları Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, *Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Ambrose, B.S., Shaffer, P.S., Steinberg, R.N. and McDermott, L.C. (1999). An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference, *American Journal of Physics*, 67 (2), 146 – 155.

Ambrose, B.S., Heron P., Vokos, S. and McDermott, L.C. (1999). Student understanding of light as an EM wave: Relating the formalism to physical phenomena. *American Journal of Physics*, 67, 891- 898.

Ames, C. (1992). Classrooms: Goals, structures, and student motivation. *Journal of Educational Psychology*, 84, 261–271.

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

Armağan, F.Ö. (2011). Kavramsal değişim metinlerinin etkililiği: Meta analiz çalışması. Doktora Tezi, *Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Asikainen, M. A. and Hirvonen, P.E. (2009). A study of pre- and inservice physics teachers' understanding of photoelectric phenomenon as part of the development of a research-based quantum physics course. *American Journal of Physics*, 77, 658.

Ay, Ö.S. (2011). İlköğretim 8. sınıf fen ve teknoloji dersi 'maddenin halleri ve ısı' ünitesinde belirlenen kavram yanlışlarının giderilmesinde kavramsal değişim metinleri kullanımının etkisi ve öğrenci görüşleri. Yüksek Lisans Tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Ayene, M., Kriek, J. and Damtie, B. (2011) Wave-particle duality and uncertainty principle: Phenomenographic categories of description of tertiary physics students' depictions. *Physics Education Research*, 7 (2), 020113 (13).

Baily, C. and Finkelstein, N.D. (2010). Teaching and understanding of quantum interpretations in modern physics courses. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(1), 010101(11).

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W. H. Freeman

Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Beeth, M.E. (1998). Facilitating conceptual change learning: The need for the teachers to support metacognition. *Journal of Science Teacher Education*, 9 (1), 49 - 61.

Bethge, T. and Niedderer, H. (1996). Students' conceptions in quantum physics [online]. Retrieved on 10-May-2011, at URL: <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1995-AJP-TBHN.pdf>.

Bilal, E. and Erol, M. (2007). Student understanding of some quantum physical concepts: Wave function, schrödinger's wave equation and wave-particle duality. *American Institute of Physics*, C.P. 899, 479.

Black, P. and Wiliam, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment, *Phi Delta Kappan*, 80 (2), 139 - 148.

Bodner, G.M. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63 (1), 873-878.

Bogdan, R.C. and Biklen, S.K. (2007). *Qualitative research for education: An introduction to theories and methods* (5th ed.). Boston: Pearson Education.

Broughton, S.H., Sinatra. G.M. and Nussbaum, E.M. (2013). Pluto Has Been a Planet My Whole Life!" Emotions, Attitudes, and Conceptual Change in Elementary Students Learning about Pluto's Reclassification. *Research in Science Education*, 43 (2), 529 – 550.

Brown, D. E. and Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions by analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.

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

Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Demirel, F. and Özkahveci, Ö. (2004). Güdülenme ve Öğrenme Stratejileri Ölçeği'nin Türkçe formunun geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4 (2), 207 – 239.

Bybee, R.W. (1997). *Achieving Scientific Literacy*, N.H.: Heinemann, Portsmouth.

Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge: MIT Press.

Carvalho, P.S. and Sousa, A. S. (2006). Should we use colours as symbolic representations of hot and cold? *Physics Education*, 41 (3), 263 – 273.

Chaiken, S. (1980). Heuristic versus systematic information processing and the use of source versus message cues in persuasion. *J. Pers. Soc. Psychol.* 39, 752 – 766.

Chaiken, S., Liberman, A. and Eagly, A. H. (1989). *Heuristic and systematic information processing within and beyond the persuasion context*. In: Uleman, J. S. and Bargh, J. A. (eds.), *Unintended Thought*, Guilford Press, New York, pp. 212–252.

Champagne, A. B., Gunstone, R. F. and Klopfer, L. E. (1985). *Effecting changes in cognitive structures among physics students in cognitive structure and conceptual change*. West L. and Pines A. (Eds.). Academic Press.

Chan, C., Burtis, J. and Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15, 1–40.

Charles, L. H., Abegg, G. and Garik, P. (1999). How computer simulations affect high school students' reasoning in quantum chemistry[online]. 12 – 05 – 2011 tarihinde <http://www.bu.edu/smec/qsad/ed/narst.clh.htm> adresinden alınmıştır.

Chi, M.T.H., Slotta, J. D. and Deleeuw, N. (1994). From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change For Learning Science Concepts, *Learning and Instruction*, 4, 27 - 43.

Chinn, C.A. and Brewer, W.F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623–654.

Clement, J., Brown, D. and Zeitsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding ‘anchoring conceptions’ for grounding instruction on students’ intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, 554 - 565.

Coll, R. K. and Taylor, N. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science and Technological Education*, 19, 171–191.

Coll, R. K. and Treagust, D. F. (2001). Learners’ mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*, 31, 357 – 382.

Cosgrove, M. and Osborne, R. (1985). *Lesson frameworks for changing children's ideas*. In Osborne, R. and Freyberg, P. (eds.) *Learning in science: the implications of children's science*. Auckland: Heinemann.

Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. (4th ed.) Thousand Oaks, CA: Sage.

Creswell, J. W. (2008). *Educational research planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research*. International Pearson Merrill: Prentice Hall.

Creswell, J. W. and Plano Clark, V. L. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. Thousand Oaks, CA: SAGE.

Csikszentmihalyi, M. and Nakamura, J. (1989). The dynamics of intrinsic motivation: A study of adolescents. In C. Ames and R. Ames (Eds.), *Research on motivation in education*, Vol. 3: Goals and cognitions (pp. 45–72). San Diego, CA: Academic Press.

Çelik, A. Y. and Kılıç, Z. (2014). The Impact of Argumentation on High School Chemistry Students' Conceptual Understanding, Attitude towards Chemistry and Argumentativeness. *Eurasian Journal of Physics & Chemistry Education* 6 (1), 58 - 75.

Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş. (2010). *Çok değişkenli istatistik SPSS ve LISREL uygulamaları*. Ankara: Pegem Akademi Yayınları.

Çökelez, A ve Yalçın, S. (2012). İlköğretim 7. Sınıf Öğrencilerinin Atom Kavramı ile İlgili Zihinsel Modellerinin İncelenmesi. *İlköğretim Online*, 11 (2), 452 - 471.

Deci, E. L., Koestner, R. and Ryan, R. M. (2001). Extrinsic rewards and intrinsic motivation in education: Reconsidered once again. *Review of Educational Research*, 71, 1–27.

Dede, Y. ve Yaman, S. (2008). Fen Öğrenmeye Yönelik Motivasyon Ölçeği: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 2 (1), 19 – 37.

Demircioğlu, H. (2008). Matematik Öğretmen Adaylarının Üst Bilişsel Davranışlarının Gelişimine Yönelik Tasarlanan Eğitim Durumlarının Etkililiği. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.

Deryakulu, D. (2001). *Yapıcı Öğrenme*. Ankara: Eğitim Sen Yayınları.

Desoete, A., Roeyers, H. and Buyse, A. (2001). Metacognition and mathematical problem solving in grade 3. *Journal of Learning Disabilities*, 34, 435-449.

Diakodoy, I. N., Mouskounti, T. and Iannides, C. (2011). Comprehension and learning from refutation and expository texts. *Reading Research Quarterly*, 46, 22–38.

Dole, J. A. and Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33, 109–128.

Dreyfus, A., Jungwirth, E., and Eliovitch, R. (1990). Applying the “cognitive conflict” strategy for conceptual change – some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74 (5), 555-569.

Driver, R. and Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students, *Studies in Science Education*, 5, 61-84.

Driver, R. and Erickson, G. (1983). Theories-in action: Some theoretical and empirical issues in the study of students’ conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.

Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (1985). *Children's idea in science*. Milton Keynes: Open University Press.

Duit, R., Roth, W.M., Komorek, M. and Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11, 283 – 303.

Duit, R. and Treagust, D. (2003). Conceptual Change - A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671–688.

Dykstra, D.I., Boyle, C.F. and Monarch, I.A. (1992). Studying conceptual change in learning physics, *Science Education*, 76, 615–652.

Eagly, A. H. and Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Ft. Worth, TX: Harcourt Brace.

Ejigu, M.A. (2014). Conceptual understanding of quantum mechanics: an investigation into physics students' depictions of the basic concepts of quantum mechanics. Doktoral Thesis, University of South Africa.

Erol, B. (2013). İlköğretim Matematik Öğretmenliği 2. Sınıf Öğrencilerinin Fizik Dersine Yönelik Tutumları ile Öğrenme Stilleri Arasındaki İlişki. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Ersoy, F.N. (2012). Bilgisayar simülasyonlarının ve kavramsal değişim metinlerinin statik elektrik konusunun öğretimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Ertürk, S. (1993). Eğitimde Program Geliştirme, Mateksan Matbaacılık, Ankara.

Fazio, R. H. (1986). *How do attitudes guide behavior?* In: Sorrentino, R.M., and Higgins, E. T. (eds.), *Handbook of Motivation and Cognition: Foundations of Social Behavior*, Guilford Press, New York, pp. 204–243.

Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906 - 911.

Gilbert, J.K., Watts, D.M. and Osborne, R.J. (1982). Students' concepts of ideas in mechanics, *Physics Education*, 17, 62-66.

Glaserfled, E.V.(1989). Cognition, Construction of Knowledge and Teaching. *Synthese*, <http://www.univie.ac.at/constructivism/EvG/>, 80 (1), 121-140.

Glynn, S. M. and Duit, R. (1995). *Learning science meaningfully: Constructing conceptual models*. In S. M. Glynn and R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Glynn, S.M., Taasobshirazi, G. and Brickman, P. (2009). Science Motivation Questionnaire: Construct validation with nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (2), 127 – 146.

Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers' cognition and appraisal process during conceptual change. *Educational Psychology Review*, 15, 117–155.

Gorsky, P. and Feingold, M. (1994). The role of anomaly and of cognitive dissonance in restructuring students' concepts of force. *Instructional Science*, 22, 75–90.

Gök, T. (2012). The impact of peer instruction on college students' beliefs about physics and conceptual understanding of electricity and magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 10 (2), 417 - 436.

Gravetter, F. J. and Forzano, L. B. (2012). *Research methods for the behavioural sciences*. 4th edition. London: Sage.

Guay, F., Chanal, J., Ratelle, C. F., Marsh, H. W., Larose, S., and Boivin, M. (2010). Intrinsic, identified, and controlled types of motivation for school subjects in young elementary school children. *British Journal of Educational Psychology*, 80(4), 711–735.

Günel, M., Hand, B. and Gündüz, Ş. (2006). Comparing student understanding of quantum physics when embedding multimodal representations into two different writing formats: Presentation format versus summary report format. *Science Education*. 90, 1092–1112.

Güngör, A.A. (2010). Öğrencilerin Fizikle İlgili Duyuşsal Özelliklerini Artıran Öğretim Uygulamaları. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Eğitimi, Ankara.

Hadjiachilleos, S., Valanides, N. and Angeli, C. (2013). The impact of cognitive and affective aspects of cognitive conflict on learners' conceptual change about floating and sinking, *Research in Science & Technological Education*, 31 (2), 133 - 152.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. and Black, W. C. (1998). *Multivariate Data Analysis* (5th Edt.). New Jersey, NJ: Printice-Hall.

Harrison, A. G. and Treagust, D. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiplemodel use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84, 352 – 381.

Harter, S. (1978). Effectance motivation reconsidered: Toward a developmental model. *Human Development*, 21, 34–64.

Heddy, B. C and Sinatra, G.M. (2013). Transforming Misconceptions: Using Transformative Experience to Promote Positive Affect and Conceptual Change in Students Learning About Biological Evolution. *Science Education*, 97 (5), 723 - 744.

Helm, H. (1980). Misconceptions in physics amongst South African students. *Physics Education*, 15 (2), 92-97.

Hennesey, M.G. (1999). Probing the dimensions of metacognition: Implications for conceptual change teaching-learning. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA.

Hewson, P. W., Beeth, M. E. and Thorley, N. R. (1998). *Teaching for Conceptual Change*. In K. G. Tobin ve B. J. Fraser (Eds.), *International Handbook of Science Education* (199 - 218). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Hewson, P. W. and Hewson, M. G. (1992). The status of students' conceptions. R. Duit, F. Goldberg and H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, Kiel, 59-73.

Hewson, P.W. and Thorley, R.N. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11, 541–553.

Hewson, P. W. and Hewson, M. A. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1 - 13.

Hewson, M.G. and Hewson, P.W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731–743.

Hewson, P. W. (1982). A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4 (1), 61-78.

Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3 (4), 383-396.

Hinojosa, C. M. (2008). Learning the uncertainty principle: a study of its difficulties [online]. 12.05.2011 tarihinde www.aapt.org/upload/aapt_program_sm08_one.pdf adresinden alınmıştır.

Hobson, A. (2008). Teaching quantum physics: what is an electron?[online] 12.05.2011 tarihinde www.aapt.org/upload/aapt_program_sm08_one.pdf adresinden alınmıştır.

Hu, L. T. and Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structural analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, 1 - 55.

Ireson, G. (1999). A multivariate analysis of undergraduate physics students' conceptions of quantum phenomena. *European Journal of Physics*, 20, 193-199.

Johnston, I.D., Crawford, K. and Fletcher, P.R. (1998). Student difficulties in learning quantum mechanics. *International Journal of Science Education*, 20, 427-446.

Johnson, D. W. and Johnson, R. T. (1999). *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning* (5th Ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon.

Johanson, K.E. and Milstead, D. (2008). Uncertainty in the classroom-teaching quantum physics. *Physics Education*, 43, 173 - 179.

Johnson, M.L. and Sinatra, G.M. (2014). The Influence of Approach and Avoidance Goals on Conceptual Change. *The Journal of Educational Research*, 107, 312 - 325.

Kang, S., Scharmann, L.C. and Noh, T. (2004). Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning. *Research in Science Education*, 34, 71 – 96.

Kaplan, A. and Maehr, M. L. (1999). Enhancing the motivation of African American students: An achievement goal theory perspective. *Journal of Negro Education*, 68, 23-35.

Karagöz, Ö ve Sağlam Arslan, A. (2012). İlköğretim öğrencilerinin atomun yapısına ilişkin zihinsel modellerinin analizi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9 (1), 132 - 142.

Karasar, N. (2002). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Nobel Yayınevi

Karplus, R., Lawson, A.E., Wollman, W., Apel, M., Bernoff, R. Howe, A., Rusch, J.J. and Sullivan, F. (1976). *Science teaching and the development of reasoning: A workshop*. Berkeley, CA: Regents of the University of California.

Kocakulah, M. S. (2002). An investigation of first year university students' understanding of magnetic force relations between two current carrying conductors: A Case Study. *Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 155 - 166.

Kocakulah, M.S. and Kural, M. (2010). Investigation of conceptual change about double-slit interference in secondary school physics. *International Journal of Environmental & Science Education*, 5 (4), 435 – 460.

Kopman, L., Kaper, W.H. and Ellermeijer, A.L. (2005). Understanding student difficulties in first year quantum mechanics courses. *The First European Physics Education Conference*, EPEC-1 Bad Honnef, Germany.

Kuhn, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.

Kural, M. (2008). Yapılandırmacı Yaklaşımın Temel Alındığı Işığın Dalga Modelinin Öğretiminin Öğrencilerin Kavramsal Değişimleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.

Küçük, Z. (2011). Zenginleştirilmiş 5E Modeli'nin 7. sınıf öğrencilerinin kavramsal değişimine etkisi: Elektrik akımı örneği. Yüksek Lisans Tezi, *Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Le Compte, M.D. ve Goetz, J.P. (1982). Problems of reliability and validity in ethnographic research, *Review of Educational Research*, 52, 31 - 60.

Lee, O. and Anderson, C.W. (1993). Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*, 30, 585–610.

Lee, G. and Byun, T. (2012). An explanation for the difficulty of leading conceptual change using a counterintuitive demonstration: The relationship between cognitive conflict and responses. *Research in Science Education*, 42 (5), 943 – 965.

Leech, N. L. and Onwuegbuzie, A. J. (2007). An array of qualitative analysis tools: A call for data analysis triangulation. *School Psychology Quarterly*, 22, 557-584. doi:10.1037/1045-3830.22.4.557

Leone, C. J. and Oberem, G. E. (2004). Towards understanding student conceptions of the photoelectric effect, *in AIP Conference Proceedings*, 720, 85–88.

Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A Critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11 (4–5), 357–380.

Linnenbrink, E. A. and Pintrich, P. R. (2002). *The role of motivational beliefs in conceptual change*. In M. Limon and L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: issues in theory and practice* (pp. 115– 135). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Lombardi, D. and Sinatra, G. M. (2010). College students' perceptions about the plausibility of human-induced climate change. *Research in Science Education*. Advance online publication. DOI: 10.1007/s11165-010-9196-z.

Lombardi, D., Sinatra, G.M. and Nussbaum, E.M. (2013). Plausibility reappraisals and shifts in middle school students' climate change conceptions. *Learning and Instruction*, 27, 50 - 62.

Lorch, R. F., Lorch, E. P., and Klusewitz, M. A. (1993). College students' conditional knowledge about reading. *J. Educ. Psychol.* 85, 239–252.

Marin, N., Benarroch, A. and Gomez, E. J. (2000). What is the relationship between social constructivism and Piagetian constructivism? An analysis of characteristics of the ideas within both theories. *International Journal of Science Education*, 22(3), 225-238.

Marton, F. (1986). Phenomenography - a research approach to investigating different understanding of reality. *Journal of Thought*, 21, 29-39.

Mason, L. (2000). Role of anomalous data and epistemological beliefs in middle school students' theory change about two controversial topics. *European Journal of Psychology of Education*, 15, 329 – 346.

Mashhadi, A. and Woolnough, B. (1999). Insights into students' understanding of quantum physics: Visualizing quantum entities. *European. Journal of Physics*, 20, 511 - 516.

McKagan S. B., Handley, W., Perkins K. K. and Wieman C. E. (2008). A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. *Physics Review Special Topic - Physics Education Research*, 4(1), 010107 (11).

Munby, H., Versnel, J., Hutchinson, N.L., Chin,P. and Berg, D.H.(2003). Workplace Learning and the Metacognitive Functions of Routines. *Journal of Workplace Learning*. 15 (3), 94 – 104.

Murphy, E. (1997). Constructivism: From Philosophy to Practice, Education Resources Informations Center. ED444966.

Murray, F. B. (1983). Equilibration as cognitive conflict, *Developmental Review*, 3, 54 - 61.

Müller, R. and Wiesner, H (1999). *Students' Conceptions of Quantum Physics*. Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching.

Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23, 707 – 730.

Niedderer, H. (1987). A teaching strategy based on students' alternative frameworks-theoretical conceptions and examples. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar: Vol. 2. Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (pp. 360-367). Ithaca, NY: Cornell University Press.

Nussbaum, J. and Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.

Oldfather, P. and McLoughlin, J. (1993). Gaining and losing voice: A longitudinal study of students' continuing impulse to learn across elementary and middle level contexts. *Research in Middle Level Education*, 17 (1).

Olsen, R. V. (2002). Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: A study in Norway. *International Journal of Science Education*, 24 (6), 565 - 574.

Olsen, R. V. (2001). A Study of Norwegian Upper Secondary Physics Specialists' Conception of Atomic Models and the Wave Particle Duality. A paper presented at ESERA 2001 in Thessaloniki.

Osborne, R. and Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education*, 67 (4), 489-508.

Özdemir, E. (2008). Kuantum Fiziğinde Belirsizlik İlkesi: Hibrit Yaklaşımla Öğretimin Akademik Başarıya Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

Özdemir, E. and Erol, M. (2008). Student misconceptions relating wave packet and uncertainty principle in quantum physics. *Balkan Physics Letters*, Special Issue. 641 - 635.

Özden, Y. (2005). *Öğrenme ve Öğretme*. 7. Baskı, Ankara: PegemA Yayıncılık.

Özmen, H. (2011). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. *Computers & Education*, 57 (1), 1114 - 1126.

Özmen, H. (2004). Fen öğretiminde öğrenme teorileri ve teknoloji destekli yapılandırmacı (Constructivist) öğrenme. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 3 (1), 1303-6521.

Palmer, D. (2005). A motivational view of constructivist-informed teaching. *International Journal of Science Education*, 27(15), 1853–1881.

Panaoura, A., Philippou, G, I. and Christou, C. (2003). Young pupil's metacognitive ability in mathematics. *European Research in Mathematics Education*, 3, 1 - 9.

Patton, Q.M. (1987). *How to use Qualitative Methods in Evaluation*. Newsbury Park, London, New Dehli: Sage Publications Inc.

Pavlov, I.P. (1927). *Conditioned Reflexes: An Investigation of The Physiological Activity of The Cerebral Cortex*. (G. V. Anrep, Trans.). London: Oxford University Press.

Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 18 (4), 315 – 341.

Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. and Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: a program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37 (2), 91 - 105.

Petri, J. and Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high-school level quantum atomic physics. *International Journal of Science Education*, 20, 1075-1088.

Petty, R. E. and Cacioppo, J. T. (1986). *The elaboration likelihood model of persuasion*. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 19, pp. 123–205). New York: Academic.

Piaget, J. (1970). *Genetic epistemology*. New York: W.W. Norton & Company

Pierce, W. (2003). *Metacognition: Study Strategies, Monitoring and Motivation*. <http://academic.pg.cc.md.us/~wpierce/MCCCTR/metacognition.htm>.

Pines, A. and West, L. (1986). Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within sources of knowledge framework. *Science Education*, 70 (5), 583-604.

Pintrich, P.R. (2002). The Role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory into Practice*, 41 (4), 219-225.

Pintrich, P. R. and Schunk, D. H. (2002). *Motivation in education: Theory, Research and Applications*. Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice-Hall.

Pintrich, P.R., Marx, R.W. and Boyle, R.A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63 (2), 167- 200.

Pintrich, P.R. and Garcia, T. (1991). *Student goal orientation and selfregulation in the college classroom*. In M. Maehr & P.R. Pintrich (Eds.), *Advances in motivation and achievement: Goals and self-regulatory proceses* (Vol. 7). Greenwich CT: JAI Pres.

Pintrich, P. R. (1989). *The dynamic interplay of student motivation and cognition in the college classroom*. In C. Ames and M. Maehr, *Advances in motivation and achievement: Motivation enhancing environments*, vol. 6. (ss. 117-160), Greenwich, CT: JAI Press.

Pintrich, P. R., Smith, D., Garcia, T. and McKeachie, W. (1993). Predictive validity and reliability of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). *Educational and Psychological Measurement*, 53, 801 - 813.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., and Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of a conceptual change, *Science Education*, 66 (2), 211-227.

Pospiech, G. (2000). Uncertainty and complementarity: The heart of quantum physics. *Physics Education*, 35(6), 393 – 399.

Pfundth, H.. and Duit, R. (1991). *Bibliography Students Alternative Frameworks and Science Education (3rd Ed.)*. Kiel, Germany: Institute for Science Education at University of Kiel.

Rebello, N. S., Sushenko, K. and Zollman, D. A. (1997). Learning the physics of a scanning tunneling microscope (STM) using a computer program. *European Journal of Physics*, 18, 456 - 461.

Rowell, J. A. and Dawson, C. J. (1985). Equilibration, conflict and instruction: A new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education*, 4 (4), 331-344.

Ryan, R. M. and Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 54–67.

Sackes, M. (2010). The Role of Cognitive, Metacognitive, and Motivational Variables in Conceptual Change: Preservice Early Childhood Teachers' Conceptual Understanding of the Cause of Lunar Phases. Dokora Tezi, Ohio State University, Ohio.

Sadaghiani H. R. (2005). Conceptual and Mathematical Barriers to Students Learning Quantum Mechanics. Doctoral Dissertation, The Ohio State University, US.

Schraw, G., Crippen, K.J and Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111 - 139.

Schraw, G. (1998). Promoting General Metacognitive Awareness. *Instructional Science*, 26: 113-125.

Schraw, G. and Moshman, D. (1995). Metacognitive Theories. *Educational Psychological Review*, 7, 351 - 371.

Schraw, G. and Dennison, R. S. (1994). Assessing Metacognitive Awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 460-475.

Scott, P.H., Asoko, H.M. and Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies, *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. R. Duit, Goldberg, F. and Niedderer, H., IPN: 310-329.

Schunk, D. (1985). Self-efficacy and school learning. *Psychology in the Schools*, 22, 20 - 223.

She, H.C. (2004a). Fostering Radical Conceptual Change through Dual-Situated Learning Model. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (2), 142 – 164.

She, H. C. (2004b). Facilitating changes in ninth grade students' understanding of dissolution and diffusion through dslm instruction. *Research in Science Education*, 34, 503-525

She, H.C. (2003). DSLM instructional approach to conceptual change involving thermal expansion. *Research in Science and Technological Education*, 21, 43–54.

She, H.C. (2002). Concepts of a higher hierarchical level require more dual situated learning events for conceptual change: a study of air pressure and buoyancy. *International Journal of Science Education*, 24 (9), 981-996.

She, H.C. and Liao, Y.W. (2010). Bridging scientific reasoning and conceptual change through adaptive web-based learning. *Journal of Research in Science Education*, 47 (1), 91 - 119.

Sinatra, G. M. (2005). The warming trend in conceptual change research: The legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40, 107–115.

Sinatra, G. M. and Pintrich, P. R. (2003). *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Skinner B F. (1953). *Science and human behavior*. New York: Macmillan. 461 p. Harvard University. Cambridge. MA.

Smith, J. A. and Eatough, V. (2007). Interpretative Phenomenological Analysis, In Lyons E. and Coyle, A., *Analysing Qualitative data in Psychology*, pp: 35-64, London: Sage.

Speidel, G. and Tharp, R. (1980). What does self-reinforcement reinforce? An empirical analysis of the contingencies in self determined reinforcement. *Child Behavior Therapy*, 2, 1 – 22.

Stavy, R. and Berkovitz, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64, 679–692.

Steinberg, R., Wittmann, M. C., Bao, L. and Redish, E. F. (1999). The influence of student understanding of classical physics when learning quantum mechanics [online].12.05.2010 tarihinde http://perlnet.umephy.maine.edu/research/qm_narst.pdf adresinden alınmıştır.

Steinberg, R.N., Oberem, G. E. and McDermott, L. C. (1996). Development of a computer-based tutorial on the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, 64, 1370 - 1379.

Steinberg, R. N. and Oberem, G. E. (2000). Research-based instructional software in modern physics. *Journal of Computer, Mathematics and Science Teaching*, 19 (2), 115 - 136.

Stipek, D.J. (1996). *Motivation and Instruction*. Los Angeles: University of Colifornia.

Stipek, D. J. (1988). *Motivation to Learn: From Theory to Practice*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Strike, K. and Posner, G. (1992). *A revisionist theory of conceptual change*, In R.A. Duschl and R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*, State University of New York Press, New York, 147 - 176.

Şen, Ş. (2011). Kavramsal değişim metinleri ve ikili yerleşik öğrenme modelinin erime ve çözünme konusunda öğrenci başarısı ve motivasyona etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Şengören, S.K. (2010). How do Turkish high school graduates use the wave theory of light to explain optics phenomena? *Physics Education*, 45(3), 253 - 263.

Şirin, A. (2008). Oluşturmacılığın Kuramsal Temelleri. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 17, s: 196–205.

Tashakkori, A. and Teddlie, C. (1998). *Mixed methodology: Combining qualitative and quantitative approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Taashoobshirazi, G. and Sinatra, G. M. (2011). A Structural equation model of conceptual change in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (8), 901 – 918.

Taber, K.S. (2002). Conceptualizing quanta: Illuminating the ground state of student understanding of atomic orbitals. *Chemistry Education*, 3 (2), 145 – 158.

Tao, P.K. and Gunstone, R.F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (7), 859 - 882.

Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Tharp, R. and Gallimore R. (1988). *A theory of teaching as assisted performance*. New York: Cambridge University Press.

Topkara, F. (2010). Anadolu Lisesi Öğrencilerinin Liseye Giriş Sınavındaki Fen Netleri, Fizik Dersine Yönelik Tutumları, Akademik Başarıları ve Bilimsel Süreç Becerileri Arasındaki İlişki: Ankara İli Elmadağı İlçesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Treagust, D. F. and Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education, *Cult Stud of Sci Educ*, 3, 297 - 328.

Tsai, C.-C. (2001). Collaboratively developing instructional activities of conceptual change through the Internet: science teachers' perspectives. *British Journal of Educational Technology*, 32(5), 619–622.

Tseng, C.H., Tuan, H.L. and Chin, C.C. (2010). Investigating the influence of motivational factors on conceptual change in a digital learning context using the Dual-Situated Learning Model. *International Journal of Science Education*, 32 (14), 1853 - 1875.

Tuan, H.L., Chin, C. C. and Shieh, S. H. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation toward science learning. *International Journal of Science Education*, 27(6), 639–654.

Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. L. and Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387–404.

Tytler, R. (2002). Teaching for understanding in science: Student conceptions research, and changing views of learning. *Australian Science Teachers Journal*, 48, 14-21.

Tytler, R. (1998). Children's conceptions of air pressure: Exploring the nature of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 20 (8), 929-958.

Ural, A. ve Kılıç, İ. (2005). *Bilimsel araştırma süreci ve SPSS ile veri analizi*. Ankara: Detay Yayıncılık.

Urdan, T. and Maehr, M. L. (1995). Beyond a two-goal theory of motivation: A case for social goals. *Review of Educational Research*, 65, 213-244.

Vokos, S., Shaffer, P.S., Ambrose, B.S. and McDermott, M.C. (2000). Student understanding of the wave nature of matter: Diffraction and interference of particles. *American Journal of Physics*, 68 (7), 42 - 51.

Vosniadou, S. (1999). *Conceptual change research: State of the art and future directions*. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 3–13). Oxford: Elsevier Science.

Vosniadou, S. and Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A Psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.

Vosniadou, S. (1994). Introduction. *Learning and Instruction*, 4, 3 – 6.

Wall, S. (1983). Children's self-determination of standards in reinforcement contingencies: A re – examination. *Journal of School Psychology*. 21, 123 – 131.

Watson, J. B. (1970). *Behaviorism* (Rev. ed.). New York: Norton. (Original work published 1924)

Wentzel K.R. (1991). Social competence at school: Relationship of social responsibility and academic achievement. *Review of Educational Research*, 61, 1 – 24.

White, R. T. and Gunstone, R. F. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal of Science Education*, 11 (Special Issue), 577-586.

Wichmann, E. H. (2000). *Kuantum Fiziği Berkeley Fizik Dersleri*, Ankara: Bilim Yayıncılık.

Windschitl, M. and Andre, T. (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change: The roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (2), 145–160.

Wittmann M.C., Steinberg R.N. and Redish E.F. (2002). Investigating student understanding of quantum physics: Spontaneous models of conductivity. *American Journal of Physics*, 70 (3), 218 - 226.

Wosilait, K., Heron, P. R. L., Shaffer, P. S. and McDermott, L. C. (1999). Addressing student difficulties in applying a wave model to the interference and diffraction of light. *American Journal of Physics*, 67(1), 5 - 15.

Xiang, P., McBride, R. and Solmon, M.A. (2003). Motivational climates in ten teachers' elementary physical education classes: An achievement goal theory approach. *The Elementary School Journal*, 104, 71–92.

Yen, H.C., Tuan, H.L. and Liao, C.H. (2011). Investigating the influence of motivation on students' conceptual learning outcomes in web-base vs. classroom-based science teaching contexts. *Res Sci Educ*, 41, 211–224.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2000) Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Yıldız, E. (2008). 5E Modelinin kullanıldığı kavramsal değişime dayalı öğretimde üst bilişin etkileri: 7.Sınıf Kuvvet ve Hareket Ünitesine yönelik bir uygulama. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Yıldız, A. ve Büyükkasap, E. (2011). Öğretmen adaylarının Compton olayını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin akademik başarıya etkisi [online]. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*. 8:1. Erişim: <http://www.InsanBilimleri.com>

Yurdakul, B. (2005). Yapılandırmacılık İçinde Eğitimde Yeni Yönelimler (Ed:Özcan Demirel). ss: 39-65. Ankara: Pegem A Yayıncılık.

Zietsman, A.I. and Hewson, P.W. (1986). Effect of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (1), 27 - 39.

Zimmerman, B.J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 82–91.

Zhou, G. (2010). Conceptual Change in Science: A Process of Argumentation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 2010, 6 (2), 101-110.

Zohar, A. and Kravetsky, S.A. (2005). Exploring the effects of cognitive conflict and direct teaching for students of different academic levels. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (7), 829 – 855.

EKLER

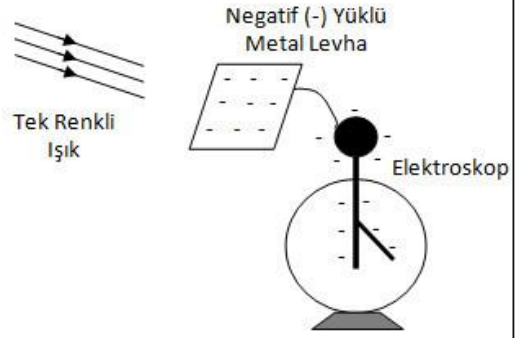
9. EKLER

EK A: Modern Fizik Kavram Testi (Deneme çalışmaları sonrasındaki son hali)

MODERN FİZİK KAVRAM TESTİ

Bu ölçme aracı, bildiğiniz testlerden farklı olarak, soru içeriğinde bulunan fiziksel olaylar konusundaki düşüncelerinizi öğrenmek amacıyla hazırlanmıştır. Düşüncelerinizin doğru ya da yanlış olması önemli değildir. Aşağıda 11 açık uçlu soru bulunmaktadır. Lütfen her bir soruyu dikkatlice okuduktan sonra soruya yanıt olabilecek düşüncelerinizi açık ve anlaşılır bir dille ilgili soruya ait boşluğa yazınız. Bu testte bulunan sorulara vereceğiniz yanıtlar, kesinlikle not olarak değerlendirilmeyecektir.

1. Yandaki şekilde görüldüğü gibi negatif yüklü metal bir levha elektroskoba bağlanarak elektroskop negatif yüklenmiştir. Tek renkli ışık, elektroskoba bağlanmış eksi yüklü metal levhaya düşürüldüğünde, elektroskopun yapraklarında her hangi bir değişiklik olmadığı görülüyor. Aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

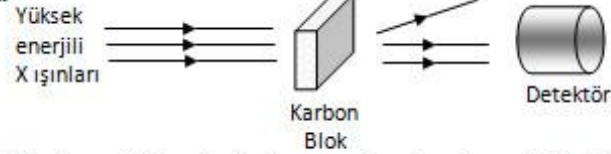


a) Işığın şiddetini artırarak elektroskoptaki yük miktarını değiştirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

b) Işığın frekansını artırarak elektroskoptaki yük miktarını değiştirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

c) Yine negatif yüklü olmak şartıyla başka bir metal levha kullanarak elektroskopyu yüksüz hale getirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

2.



Yüksek enerjili X ışınları, karbon atomlarından oluşan bloğa doğru gönderiliyor. Karbon blok arkasındaki detektörde ışınların dalgaboyları ölçülüyor. Deney sonunda; karbon bloktan şekildeki gibi bazı ışınların farklı doğrultuda çıktıkları ve bu ışınların dalgaboylarında bir artış olduğu görülüyor. Ayrıca bloktan çıkan bazı ışınların ise bloğa gönderilen X ışınları ile aynı doğrultuda oldukları ve dalgaboylarında herhangi bir değişiklik olmadığı görülüyor. Bu durumu şekil çizerek açıklayınız.

3. Işıyla ilgili aşağıda söylenen bilgilerden hangisi doğrudur. Doğru seçeneği yuvarlak içine alınız ve buna kanıt gösterilebilecek açıklamalarınızı yapınız.

A) Dalgadır.

B) Parçacıktır.

C) Dalga ya da parçacıktan biridir.

D) Hem dalga hem de parçacıktır. E) Ne dalga ne de parçacık değildir.

Açıklama:

4.



Şekil a



Şekil b

A. Demirciler demiri işleyebilmek için yüksek sıcaklık değerlerine kadar ısıtırlar (Şekil a). Demir ateşten alındıktan sonra (Şekil b) etrafına ışık saçar. Demirin etrafına ışık yayması olayına bir açıklama getirebilirsiniz?

B. Şekil b'de sarı ışık yayan demir görülmektedir. Bu demir parçasının kırmızı ya da mavi ışık yayması mümkün müdür? Mümkünse demirciye ne yapmasını önerirsiniz?

5.



Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

Şekilde çok küçük ağırlıkta dört metalden yapılmış cisim, havası tamamen alınmış cam balonun içine kolayca dönebilecek şekilde yerleştiriliyor ve Şekil 1 ile Şekil 2'de görülen düzenek oluşturuluyor. Düzenekte görülen metallerin bir tarafı mat diğer tarafı da parlaktır. Üzerine Şekil 3'teki gibi beyaz ışık düşürüldüğünde metal cisim dönmeye başlıyor. Bu olayı nasıl açıklarsınız? Açıklamalarınızı aşağıdaki boşluğa yazınız.

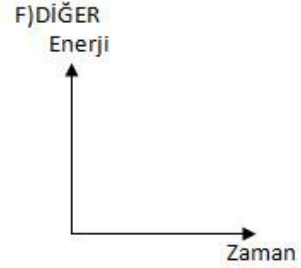
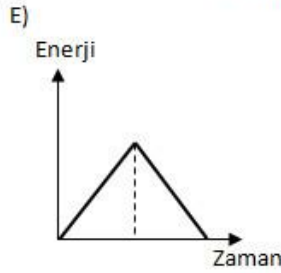
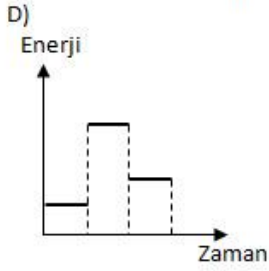
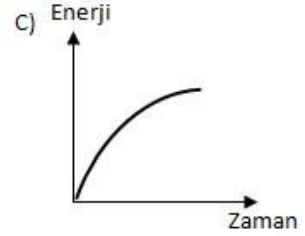
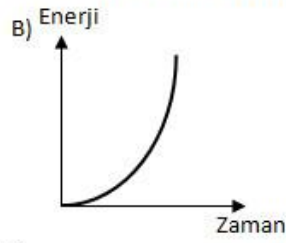
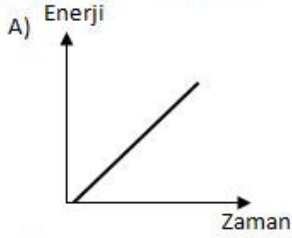
6.

Olabildiğince detaylı olarak Hidrojen atomunun şeklini aşağıdaki kutucuğa çizin. ($1H$). Çizimlerinize dair açıklamalarınızı yapınız.



Açıklama:

7. Tek elektronlu bir atomun enerjisi aşağıdaki seçeneklerden hangilerindeki gibi değişebilir? Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz. Seçeneklerden herhangi biri sizin için uygun değilse size göre doğru olan grafiği F seçeneğine çizin. İşaretlediğiniz seçeneğe ilişkin açıklamanızı yazınız.



İşaretlediğiniz seçenekler:

Açıklamalar:

9. Elektron ile ilgili aşağıdaki söylenenlerden hangisi doğrudur? Size göre doğru olan seçeneği yuvarlak içine alarak bu yanıtla ilişkin açıklamanızı yapınız.

A) Dalgadır

B) Parçacıktır

C) Dalga ya da parçacıktan biridir

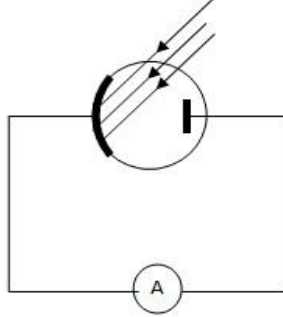
D) Hem dalga hem de parçacıktır.

E) Ne dalga ne de parçacık değildir.

Açıklama:

EK B: Gecikmiş Son Test Olarak Uygulanan Modern Fizik Kavram Testi
(Deneme çalışmaları sonrasındaki son hali)

1.



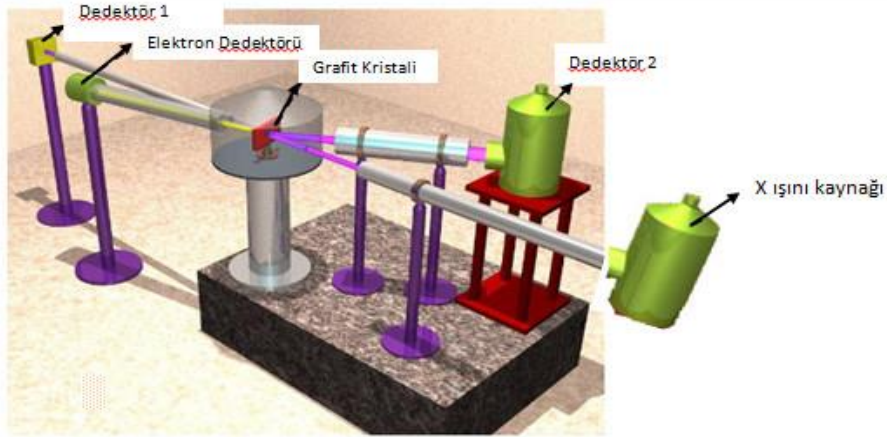
Şekilde tek renkli ışık, havası alınmış cam tüp içinde bulunan metal levha üzerine düşürülmüştür. Bu durumda küçük akımlar ölçebilen bir ampermetre değer göstermemektedir. Aşağıdaki soruları açıklama yaparak detaylı bir şekilde cevaplayınız.

a) Işığın şiddetini artırarak ampermetrede bir akım ölçmek mümkün müdür?

b) Işığın frekansı artırıldığında ampermetrede bir akım ölçülebilir mi?

c) Metal levhanın her hangi bir özelliğini değiştirerek ampermetrede akım ölçmek mümkün olur mu? Neden?

2.

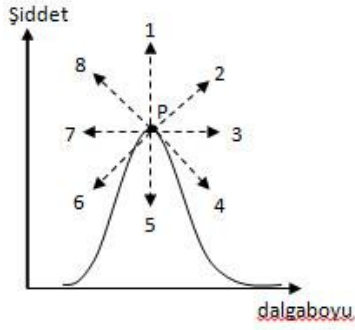


Şekilde X ışını kaynağından elde edilen bir demet, grafit kristali üzerine gönderilmektedir. Buna göre aşağıdaki fiziksel durumları gerekli şekilleri de çizerek detaylı bir şekilde açıklayınız.

a) Her hangi bir anda, Elektron Dedektöründe elektron algılandığında, Dedektör 2'de X ışını algılanmıştır.

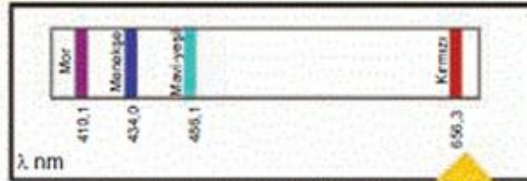
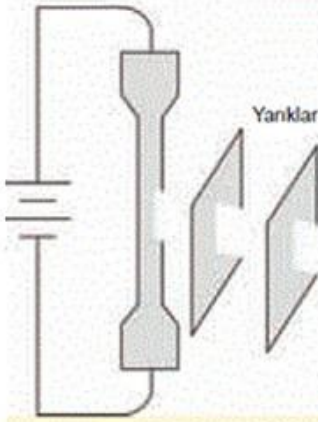
b) Dedektör 1 de her hangi bir anda algılanan X ışınının dalga boyu, aynı anda Dedektör 2'de algılanan X ışınının dalga boyundan küçüktür.

4.

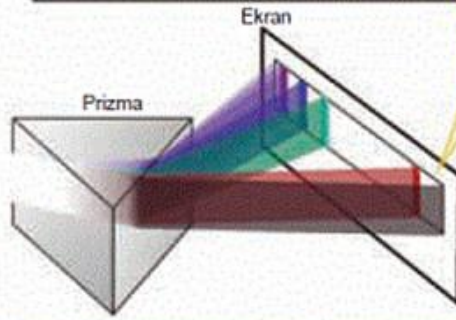


Yanda, siyah cismin belirli bir sıcaklıktaki şiddet – dalga boyu grafiği verilmiştir. Siyah cismin sıcaklığı artırılırsa grafiğin maksimum noktası olan P de bir değişim olur mu? Eğer P noktasının konumunun değişeceğini düşünüyorsanız hareket yönünü grafik üzerinde seçtiğiniz oku yuvarlak içine alarak gösteriniz. Açıklamanızı şekil üzerinde çizerek aşağıya yazınız. Açıklama:

Hidrojen ile dolu gaz boşalma tüpü



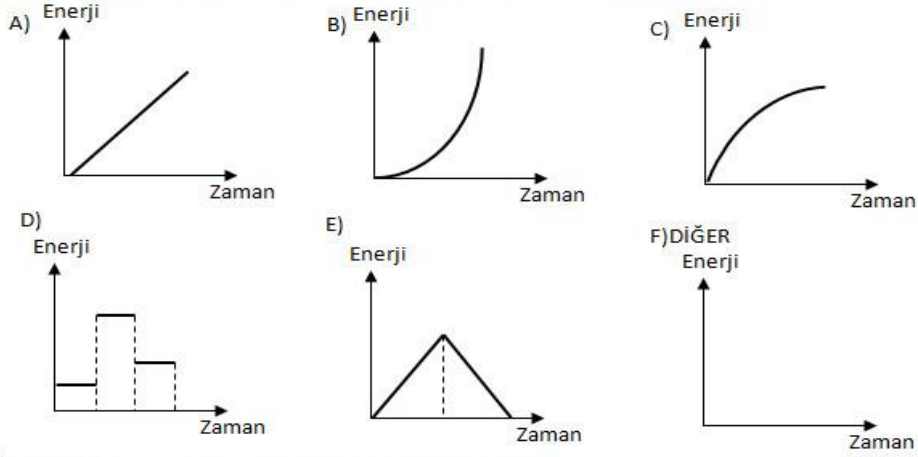
Hidrojenin görünür bölge çizgi spektrumu



Şekilde, hidrojen ile dolu deşarj (boşalım) tüpünden elde edilen ışık demeti prizmadan geçirilmekte ve hidrojenin görünür bölge spektrumu incelenmektedir. Neden kesikli spektrum oluşmuştur? Hidrojen neden sürekli spektrum vermemiştir. Yanıtınızı şekil çizerek detaylı bir şekilde açıklayınız.

EK C: Modern Fizik Kavram Testinin Deneme Çalışması Öncesindeki Hali

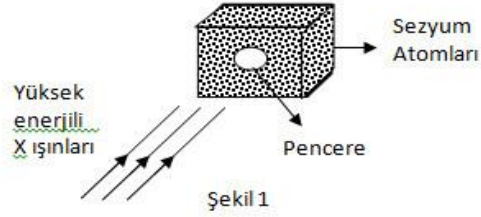
7. Aşağıdakilerden hangileri tek elektronlu bir atoma ait enerji zaman grafiği olabilir? Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz. Seçeneklerden herhangi biri sizin için uygun değilse size göre doğru olan grafiği F seçeneğine çizin. İşaretlediğiniz seçeneğe ilişkin açıklamanızı yazınız.



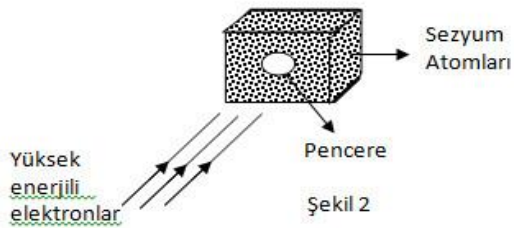
İşaretlediğiniz seçenekler:

Açıklamalar:

8.



Sezyum atomları Şekil 1'de yüksek enerjili X ışınları ile bombardıman ediliyor. X ışınları ile sezyum atomları arasında bir etkileşim ortaya çıkar mı? Gerekçelerini de belirterek yazınız.



Sezyum atomları Şekil 2'de yüksek enerjili elektronlar ile bombardıman ediliyor. Elektronlar ile sezyum atomları arasında bir etkileşim ortaya çıkar mı? Gerekçelerini de belirterek yazınız.

9. Elektron ile ilgili aşağıdaki s3ylenenlerden hangisi doğrudur? Size g3re doğru olan seçeneği yuvarlak içine alarak bu yanıtı ilişkin açıklamanızı yapınız.

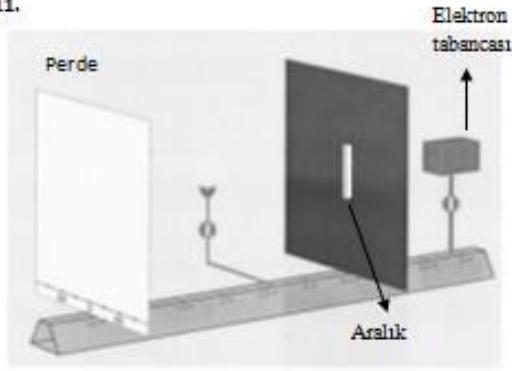
- A) Dalgadır B) Parçacıktır C) Dalga ya da parçacıktan biridir
D) Hem dalga hem de parçacıktır. E) Ne dalga ne de parçacık değildir.

Açıklama:

10. Orbital kavramı ile ilgili bildiklerinizi m3mk3n olduğunca detaylı bırakılan boşluğa Şekil çizerek açıklayınız.



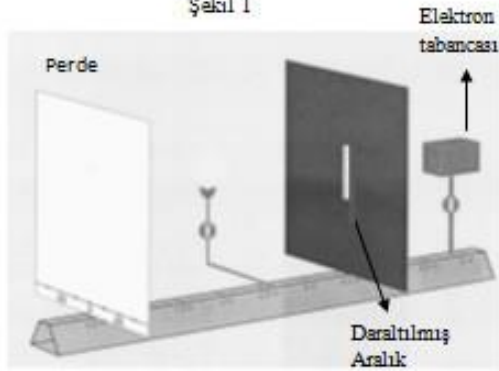
11.



Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3



Şekil 4

Şekil 1 de elektron tabancasının karşısına dar bir aralık konulmuştur. Tabancadan çıkıp dar yarıktan geçen elektronlar perdeye çarparak bir iz bırakmaktadır. Belli bir süre beklendiğinde perde üzerinde Şekil 2'deki desen oluşmaktadır. Daha sonra Şekil 3 de görüldüğü gibi aralık daha da daraltılıyor. Yine aynı süre beklendiğinde perde üzerinde bu kez Şekil 4'de görülen daha geniş bir desen oluşuyor. Elektronların perde üzerinde daha geniş bir desen oluşturması durumuna Heisenberg Belirsizlik İlkesine dayanarak nasıl bir açıklama getirilebilir? Detaylı bir şekilde açıklayınız.

EK Ç: Öğretim Öncesinde Uygulanan Ön Görüşme Formu

Bölüm 1: Modern Fizik Kavram Testinin ön test uygulanması sonrasında öğretim öncesi görüşme için seçilen öğrencilerin MFKT'ye verdikleri yanıtların derinlemesine incelenmesi

Bölüm 2: Üst Bilgi

1. Fizik dersini öğrendiğinizi düşündüğünüz kavramlardan ne derece eminsiniz?
2. Diğer arkadaşlarınızın görüşleri ile kendi görüşleriniz arasında bir farklılık hissettiniz mi?
3. Sınıf içinde fizik öğrenmenize yardımcı olan etkenler nelerdir?

Bölüm 3: Motivasyon

Fizik dersi konularını öğrenebilme açısından kendinize güveniyor musunuz?

Zor bir fizik kavramı ile karşılaştığınız da ne yaparsınız?

Fiziği öğrenmek size göre niçin önemlidir?

Yeni bir fizik kavramını öğrenirken nelere dikkat edersiniz?

Tanıştığınız yeni bir fizik kavramını anlamadığınızda ne yaparsınız?

Fizik dersine niçin çalışırsınız?

Fizik ile ilgili yeni gelişmeleri takip ediyor musunuz?

Bölüm 4: Tutum

Fizik dersine çalışma sizi mutlu eder mi?

Fizik dersinde etkinlikler yapmaktan hoşlanıyor musunuz?

Fizik dersine karşı herhangi bir kaygınız ya da korkunuz var mı?

Fizik dersi sizler için bir zorunluluk olmasaydı yine dersi almak ister miydiniz?

Bölüm 5: Konu ile ilgili eklemek istedikleriniz nelerdir?

Öğretim ile ilgili eklemek istediğiniz bir şey var mı?

EK D: Öğretim Sonrasında Uygulanan Son Görüşme Formu

ÖĞRETİM SONRASI GÖRÜŞME FORMU



Şekilde $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ dalga boylu ışık metal levha üzerine düşürülüyor. Metalin bağlanma enerjisi $E_0 = 4\text{eV}$ ve $hc=12000 \text{ eV\AA}$ olduğuna göre;

- Devredeki ampermetrenin göstereceği değer için ne söylersiniz?
- Aynı koşullarda ışığın şiddeti artırılırsa ampermetrenin değeri için ne söylenir?
- Bağlanma enerjisi $E_0=1,5 \text{ eV}$ olan bir metal kullanırsa ne değişir?
- Bağlanma enerjisi $E_0=1 \text{ eV}$ olan bir metal kullanılırsa ne değişir?
- Bağlanma enerjisinin yine $E_0= 2\text{eV}$ olduğunu düşünerek, levha üzerine dalga boyu $\lambda = 3000 \text{ \AA}$ olan ışık düşürüldüğünde ampermetrenin gösterdiği değer için ne söylenebilirsiniz?
- Fotoelektrik olan sizce hangi yönü ile modern fizik ünitesi içinde işlenmiştir? Olay klasik fizikle açıklanabilir mi? Neden?



Şekilde bir termal kamera görüntüsü görülmektedir.

- Ortam karanlık olduğu halde termal kameralar bu görüntüyü nasıl alabilirler?
- Resimdeki atın neden bazı bölgeleri kırmızı bazı bölgeleri sarı görülmektedir.

5. Hidrojen atomunun şekillerini öğrendiğimiz atom modellerine göre çizelim.

Bohr Atom Modeli	Modern Atom Teorisi

EK E: Öğretim Sonrasında Uygulanan Gecikmiş Son Görüşme Formu

Bölüm 1: Modern Fizik Kavram Testinin gecikmiş son test uygulanması sonrasında görüşme için seçilen öğrencilerin MFKT'ye verdikleri yanıtların derinlemesine incelenmesi. Gerekliğinde son test ve ön test ile karşılaştırılması.

Bölüm 2: Üst Bilgi

Derste konuların akla yatkınlık noktasında tartışılmasını nasıl değerlendiriyorsunuz?

Derste konuların işe yararlık noktasında tartışılmasını nasıl değerlendiriyorsunuz?

Diğer arkadaşlarınızın görüşleri ile kendi görüşleriniz arasında bir farklılık hissettiniz mi?

Size sunulan ve çatışma oluşturan bir durumu, önce mevcut kavramlarınızla çatıştığını fark etmeyip, daha sonra sınıf ya da grup tartışmasında fark ettiğiniz oldu mu?

Bölüm 3: Motivasyon

Fizik dersi konularını öğrenebilme açısından kendinize güveniyor musunuz?

Zor bir fizik kavramı ile karşılaştığınız da ne yaparsınız?

Yeni bir fizik kavramını öğrenirken nelere dikkat edersiniz?

Fizik ile ilgili yeni gelişmeleri takip etmek istiyor musunuz?

Öğretim motivasyonunuzu nasıl etkiledi?

Bölüm 4: Tutum

Yapılan öğretim sonrasında fizik dersine yönelik duygularınızı almak istiyorum.

(Sevme, mutlu olma gibi)

Eğer tutumda olumlu/olumsuz gelişme varsa sebepleri nelerdir?

Bilişsel çatışma yaşadığınız durumları hatırlıyor musunuz? Örnek verebilir misiniz?

Bilişsel çatışma yaşadığınızda ne hissettiniz?

(Bir kaygı ya da endişe mi?) (Bir an önce öğrenmeyi isteme gibi)

Yapılan öğretimi değerlendirir misiniz?

Dersin güçlü yanları nelerdir?

Dersin zayıf yanları nelerdir?

Bölüm 5: Konu ile ilgili eklemek istedikleriniz nelerdir?

Öğretim ile ilgili eklemek istedikleriniz nelerdir?

EK F: Öğretim Aşamasında Uygulanan Görüşme Formu

A. Öğretim

1. Öğretimi genel olarak nasıl değerlendiriyorsunuz?
2. Öğretimin modern fizik kavramlarını öğrenmede size yardımcı olduğunu düşünüyor musunuz?
3. Öğretimin güçlü yanlarını nelerdir?
4. Öğretimin zayıf yanları nelerdir?
5. Öğretime yönelik önerileriniz nelerdir?

B. Motivasyon

1. Öğretimin derse yönelik motivasyonunuzu etkileyip etkilemediği ile ilgili ne düşünüyorsunuz.
2. Grup arkadaşlarınızla birlikte çalışmak öğrenmenizi nasıl etkiledi?
3. Size görevleri yerine getirmeye çalışmanız öğrenmenizi nasıl etkiledi?
4. Bilişsel çatışma yaşadığınız anlar öğrenmenizi nasıl etkiledi?

C. Tutum

1. Yapılan öğretime yönelik duygularınızı öğrenebilir miyim?
2. Yapılan öğretim fizik dersine yönelik duygularınızı etkiledi mi?
 2. a. Sevme, fizik dersine isteyerek girme gibi.

D. Üst Bilgi

1. Açıklamalarınızı anlaşılabilirlik bakımından değerlendirmenizin öğrenmenizdeki katkısı nedir?
2. Açıklamaların ve öğrenilen bilgilerin akla yatkınlık bakımından değerlendirilmesinin öğrenmenizdeki katkısı nedir?
3. Öğrenilen bilgilerin işe yararlık noktasında değerlendirilmesi öğrenmenizi nasıl etkilemiştir?

- E. Öğretimle ilgili eklemek istedikleriniz nelerdir?

EK G: Fizik Dersi Motivasyon Ölçeği

FİZİK DERSİ MOTİVASYON ÖLÇEĞİ

Bu anket sizin fizik derslerine ne derece istekli olarak katıldığınızı öğrenmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla her bir maddeye ilişkin düşüncenizi ilgili satırlardaki kutucuklardan birine işaret koyarak belirtiniz. Maddelerin doğru ya da yanlış yanıtı yoktur. Sizden istenen her bir cümlenin fizik dersine katılımınızı ne doğrulukta tanımladığını göstermektir.

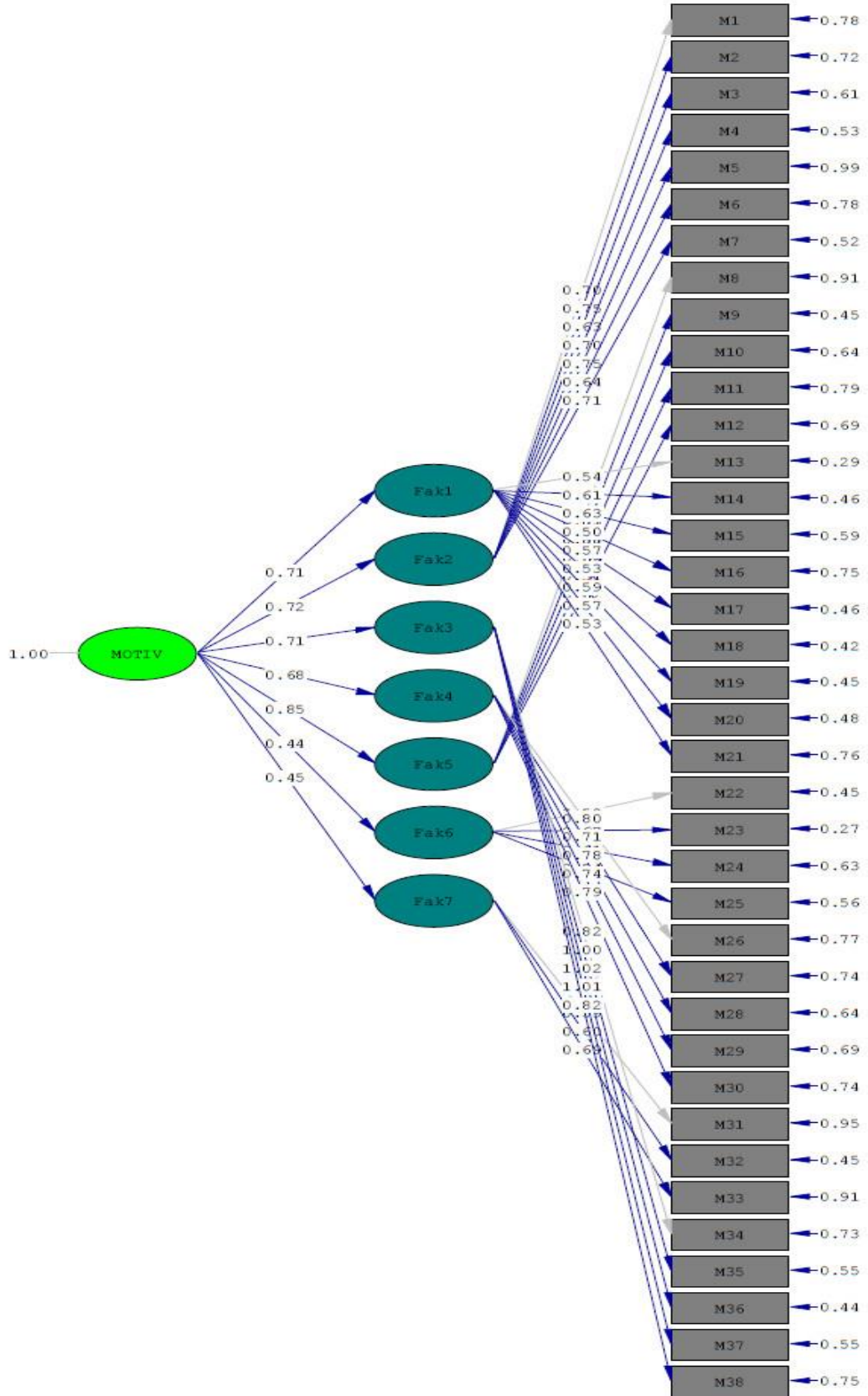
Ankette yer alan maddelerin bazılarının birbirine benzer olabilir. Bu konuda endişelenmeden bütün maddelere bir yanıt verdiğinizden emin olunuz. Maddeye verdiğiniz yanıtla ilişkin düşünceniz değişirse o yanıtın üstünü çizip bir başka kutucuğu işaretleyebilirsiniz.

Adınız Soyadınız:

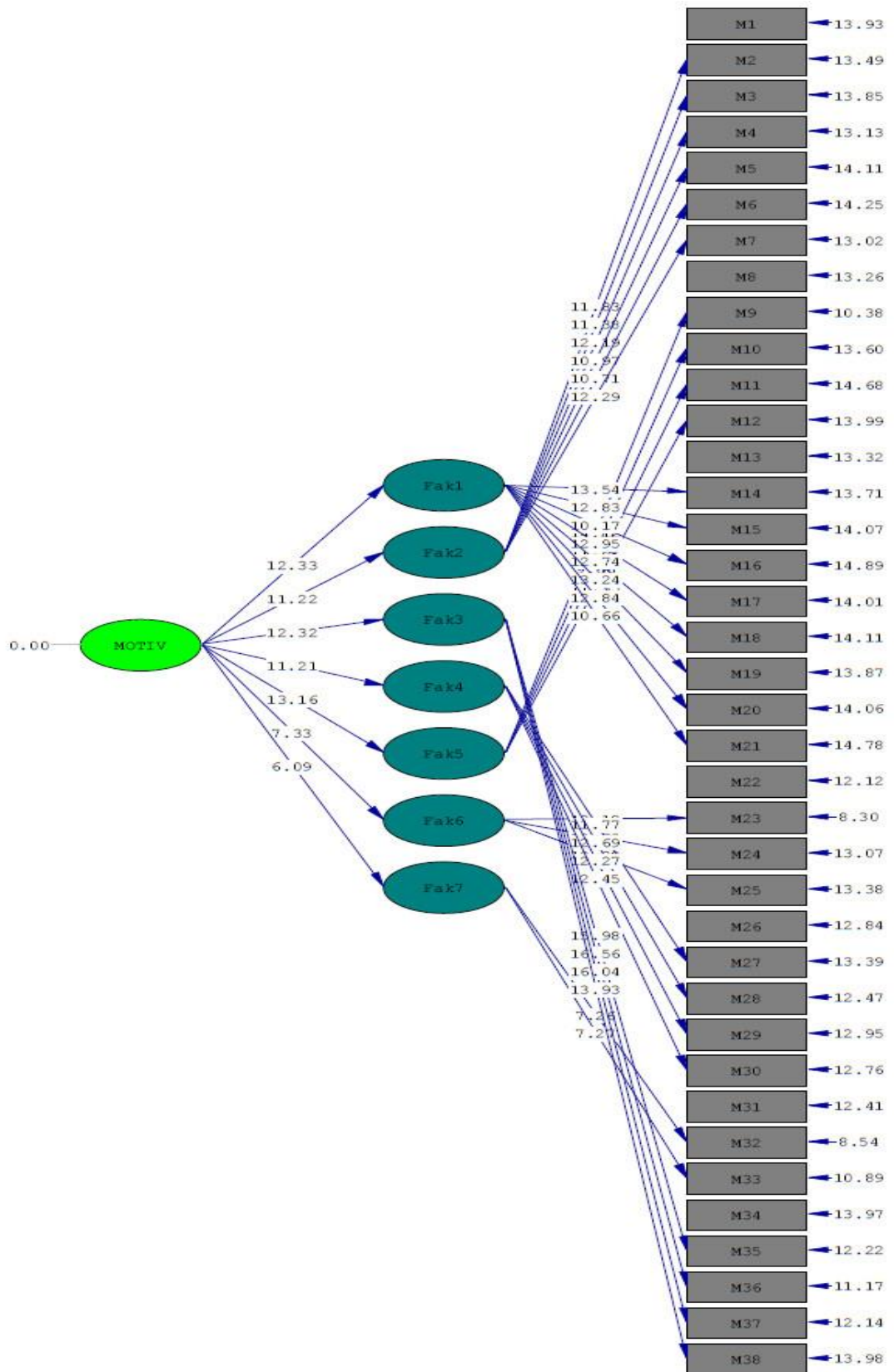
Cinsiyetiniz: Kız Erkek Sınıfınız:

A	<u>Özyeterlilik</u>	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Fikrim yok	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	Zor ya da kolay olduğuna bakmaksızın Fizik dersinin içeriğini anlayabileceğimden eminim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Zor fizik kavramlarını anlamada kendime güvenmem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Fizik testlerini iyi çözebileceğime eminim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Ne kadar çabalarsam çabalayayım fiziği öğrenemem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Fizik ile ilgili etkinlikler çok zor olduğunda ya etkinlikle uğraşmayı bırakırım ya da kolay kısımlarını yaparım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Fizik dersindeki etkinliklerde yanıtı kendim düşünerek bulmaktan çok başkalarına sorarak öğrenmeyi tercih ederim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Fizik dersinin içeriğini zor bulduğumda onu öğrenmeyi denemem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	Fizik Öğrenmenin Değeri					
8	Günlük yaşamımda kullandığım için fiziği öğrenmenin önemli olduğunu düşünüyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Beni düşünmeye teşvik ettiği için fiziği öğrenmenin önemli olduğunu düşünüyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

EK H: Fizik Dersi Motivasyon Ölçeğinin Doğrulayıcı Faktör Analizi Sonuçlarına ait Tahminler (estimates) ve t Değerleri Diyagramları



Chi-Square=1763.01, df=658, P-value=0.00000, RMSEA=0.058



EK I: Fizik Dersine Yönelik Tutum Ölçeği

FİZİK DERSİNE YÖNELİK TUTUM ÖLÇEĞİ

Bu ölçek Fizik dersine yönelik tutumunuzu belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Bu ölçme aracında yer alan ifadeler için doğru ya da yanlış cevap yoktur. İfadeleri dikkatlice okuduktan sonra karşısında yer alan “Tamamen Katılıyorum, Katılıyorum, Kararsızım, Katılmıyorum ve Hiç Katılmıyorum” ifadelerinden birini temsil eden kutucuğa çarpı (X) işareti koyunuz. Lütfen hiçbir maddeyi boş bırakmayınız ve her bir madde için tek bir yanıt veriniz.

Ad Soyad:

Sınıf: 11 /

Cinsiyet: Erkek

Kız

Madde Nr.	TUTUM İFADELERİ	Tamamen Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Hiç Katılmıyorum
1	Fizik dersinin gereksiz bir ders olduğunu düşünüyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Fizik dersinde yeni şeyler öğrenmek hoşuma gider.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Fizik dersinde gördüğüm konuları medyada takip etmeyi seviyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Fizik dersinde kendimi rahat hissetmem.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Fizik dersinin sıkıcı bir ders olduğunu düşünüyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Fizik dersi ile ilgili problemler çözmekten hoşlanıyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Fizik dersine çalışmak beni mutlu ediyor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Fizik dersinden korkuyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Fizik dersinin eğlenceli bir ders olduğunu düşünmüyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Fizik dersinden çekiniyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Fizik dersi en sevdiğim derslerden birisidir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Fizik ile ilgili güncel konuları arkadaşlarımla konuşmaktan zevk alırım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Seçmeli olsaydı yine Fizik dersini alırdım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Fizik dersi sırasında öğretmenin bana soru sormasından korkarım.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Fizik alanında meydana gelen gelişmeleri takip etmeyi severim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Fizik dersi ile ilgili projelerde yer almak beni mutlu eder.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Fizik dersinde kendimi çok mutlu hissederim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Fizik dersine girecek olduğumda te dırğın olurum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Fizik ile ilgili konularda okumayı seviyorum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

EK İ: Anlaşılrlık Kavramı ile İlgili Farkındalık Çalışması

DERS PLANI

SINIF: 11 A-B	ÜNİTE: MODERN FİZİK
SÜRE: 45 dk.	KONU: Anlaşılrlık

Kavramsal değişimin ilk basamağı ve ilk şartı anlaşılrlıktır. Öğretmen dersin ilk bölümünde anlaşılrlık terimiyle ilgili bir ders yapacaklarını açıklayarak derse başlayacaktır.

1. *“Sevgili öğrenciler öncelikle bu araştırmaya katılımınız için teşekkür ederim. Sizler için faydalı ve eğlenceli bir ders olacağını düşünüyorum. Gerek bu araştırmanın amaçları gerekse sizlerin öğrenmelerinizi dikkate alarak bazı kavramları tartışmamız gerektiğini düşünüyorum. Bunlardan ilki anlaşılrlık...”* Sizce anlaşılrlık nedir? Ne anlama gelir?

2. Öğrencilerden gelen yanıtlar tahtaya yazılır. Öğrencilerin anlaşılrlık ile ilgili daha derinlemesine düşünebilmeleri ve açıklamalarının zenginleşebilmesi için biri anlaşılır, diğeri anlaşılır olmayan iki paragraf öğrencilere dağıtılır.

3. Öğrencilere birinci aşama olarak aşağıdaki metin okutulur.

DEXOFEN’i aşağıdaki durumlarda dikkatli kullanınız.

- Sistemik lupus eritomatozus hastalığınız varsa
- Peptik ülser kanaması yaşıyorsanız
- Kanama riskini artıracak oral steroidler, bazı antidepresanlar ya da serotonin geri alım inhibitörleri kullanıyorsanız.
- Varfarin gibi antikoagulanlar veya asetilsalisilik ait gibi maddeleri sürekli alıyorsanız.
- Kalp problemlerinde kullanılan ACE inhibitörleri, diüretikler, beta blokörler ve ajiyotensin II antagonistleri ile birlikte kullanıyorsanız.
- Siproflaksasin ve levafleksasin gibi kinolon antibiyotikleri ile birlikte kullanıyorsanız.

Öğretmen “Bu metin size göre anlaşılır mı? Nedenleriyle birlikte açıklayınız.” sorusunu soracaktır.

4. Öğrencilere ikinci metin okutulacaktır.

Lütfen dikkatlice okuyunuz.

- DEXOFEN’i kullanmadan önce doktorunuza başvurunuz.
- Hamilelikte ya da doğumdan sonraki ilk bir ay içinde kullanmayınız.
- Eğer hamile kalmak istiyorsanız DEXOFEN kullanmak sizler için doğru olmayabilir.
- Ciddi kalp yetmezliği sorunlarınız varsa DEXOFEN kullanmayınız.
- Kanama bozukluğu ya da kan pıhtılaşması sorunu yaşıyorsanız DEXOFEN kullanmayınız.
- Ciddi ülser ya da mide kanaması durumlarında DEXOFEN kullanmayınız.
- Enfeksiyon durumlarında doktorunuzun izni ile kullanınız.
- Beklenmeyen bir etki görüldüğünde doktorunuza başvurunuz.
- Çocukların erişemeyeceği yerde saklayınız.

Öğretmen “Bu metin size göre anlaşılır mıdır? Nedenleriyle birlikte açıklayınız.” Sorusu soracaktır.

5. Öğrencilerden dörderli gruplara ayrılmalarını isteyecektir. Gruplara tahtaya yazılı kelimelerden hangisinin kalması gerektiğini ve gerekçesini yazmaları gerektiği söylenecek.

6. Gruplara aşağıdaki sorular sorulacaktır.

Sizece, seçtiğiniz kelime ya da kelimeler neden anlaşılabilirlik kavramını açıklıyor?

Sizece grubunuzun anlaşılabilirlikle ilgili bulduğu açıklama neden iyi bir tanım?

7. Öğrenci gruplarından anlaşılabilirlikle ilgili düşünceler alındıktan sonra, grupların düşünceleri özetlenecek. Böylece sınıfta anlaşılabilirlik için ortak bir tanım oluşturulmuş olacaktır.

8. Sınıfa aşağıdaki açıklama yapılacaktır.

Bu sınıfta artık anlaşılır kelimesiyle ilgili genel bir uzlaşmaya varıyoruz. Bundan sonra bu sınıfta ifade edilen bir düşüncenin anlaşılır olması için aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir.

9. Öğretmen: “Bir noktaya dikkat edelim. Bu sınıfta bir fikri ya da bir görüşü ifade etmek demek, o görüşle ilgili yalnızca “evet-hayır-bence öyle değil” şeklinde kısa ve tek kelimedenden oluşan cümleler söylemek anlamına gelmeyecek. Bu sınıfta görüşünü ifade eden her kişi, o görüşle ne anlatmak istediğini ayrıntılı olarak açıklamak zorunda. Ayrıca düşüncesini destekleyen kanıtlarda sunmak durumunda. Bundan sonra Modern Fizik ünitesinde yapacağımız tartışmalarda da bu noktaya dikkat edeceğiz.”

EK J: Ses Dalgaları Konusuna Yönelik Öğretim Planı

ÖĞRETİM PLANI

SINIF: 11 A-B	ÜNİTE: DALGALAR
SÜRE: 45 dk.	KONU: SESİN REZONANSI

1. Kazanımlar

- 1.3. Doppler olayını açıklayarak örnekler verir
- 1.4. Rezonans olayını deneyle gösterir

2. Araç Gereçler

1. Çalışma yaprakları
2. Hazırlanan bilgisayar sunusu
3. Videolar, simülasyonlar

3. Öğretim

3.1 Öğrencilerin içeriğe motive edilmeleri

Öğrencilere derste günlük hayatta sıkça karşılaştığımız bir fiziksel olayın inceleneceği söylenir. Öğrencilerin konuya olan ilgisini artırmak için Amerika'daki Tacoma Köprüsünün yıkıldığı *video 1* izletilir.

Öğrencilere “bu dersin sonunda bu durumun sebebini öğreneceksiniz” denir.

3.2 Öğrenci fikirlerinin ön kavramlarının ortaya çıkarılması

Öğrencilere;

Köprü neden yıkılmıştır?

Günlük hayatta buna benzer örnekler var mı?

Verdiğiniz örneklerin bu videodakine benzer ve farklı yanları nelerdir?

Köprü neden hemen yıkılmamış belirli süre sonunda yıkılmıştır?

Bir asma köprüden ordu geçecektir. Askerlerin uygun adım yürümesinde bir sakınca var mıdır?

Şeklinde sorular yönlendirilir. Öğrencilerden alınan yanıtlar tahtaya özetlenerek öğretmen tarafından yazılır.

Üstbilişsel Yönlendirmeler:

Bu yorumunuz sizce yeterince anlaşılır mı?

Bu görüşünüz size neden akla yatkın geliyor?

3.3 Çelişkili olayın çatışacağı ön bilgilerin gözden geçirilmesi

Sürücü kuvvet nedir? Rezonans nedir? Soruları yöneltilir.

Öğrencilere beşikte kardeşini sallayan çocuk örneği verilir. Rezonans kavramının sürücü kuvvet etkisinde yapılan yüksek genlikli salınımlar olduğu vurgulanır.

Köprü'nün yıkılmasını nasıl açıklayabiliriz?

Köprü'nün hemen yıkılmaması ne anlama gelmektedir? Soruları yöneltilir.

Öğretmen öğrencilerine köprü'nün rezonans olayı sonunda yıkıldığı fikrini buldurmaya çalışır.

Öğrenciler bulamadıkları takdirde her hangi bir yorum yapmaz.

3.4 Bilişsel çatışmanın oluşturulması

Öğrencilere Video 2 izletilir. Videoda bir ses kaynağından bir kadehe ses gönderilmekte ve kadeh bir süre sonra kırılmaktadır.

3.5 Grup Çalışması ve Tartışma

Gruplara videoda izledikleri durumu nasıl açıklanabileceği sorulur. Süre verilir ve grup içinde tartışarak yorum yapmaları istenir. Grup sözcüleri süre sonunda grup yanıtını açıklar.

Üst Bilişi Geliştirici Stratejiler

Bu yorumunuz ne derece anlaşılır?

Bu yorumunuzu akla yatkın kılan delilleriniz nelerdir?

Grupların birbirlerinin yanıtlarını tartışma süreci başlar. Sınıf tartışması ile her bir yanıt tartışılır. Öğretmen üst bilişsel yönlendirmeleri sürdürür.

Motivasyonel stratejiler: Tüm gruplara yeterli süre verilmesi, grupların tartışmalarına katılma ve dönüt verme, ayrıca tüm grupların çalışmalarını takdir etme.

3.6 Bilimsel bilginin tanıştırılması ve modern fiziğin kabullerinin savunulması

Grupların verdiği yanıtların tekrar gözden geçirilmesi ile öğretime başlanır.

Bilgisayar sunusu eşliğinde öğretime devam edilir. Öğretmen bardağın kırılması olayına ilişkin,

Bardağın kırılması ses dalgalarının şiddetinin yüksek olmasından kaynaklanabilir mi? sorusunu sorar.

Şiddetin camı kıracak kadar fazla olmamasına dikkat çekilir. Öğrencilerin farkı kavrayabilmeleri için Video 3 ve 4 izletilir. Video 3 de Rusya'ya düşen meteorun camları patlatması ve Video 4 de Michael Jackson'ın klibi (Black or White) bulunmaktadır.

Öğrencilere bu videolarda kırılan camlar ile bizim örneğimiz arasında fark bulunduğu vurgulanır. Demek ki; kadeh sesin şiddetinden dolayı kırılmamıştır.

Bu durumda geriye kalan seçenek rezonanstır. Ses dalgaları ile bardağın taneciklerinin rezonansa geçtikleri böylelikle etraflarında artan genlikli salınımlar yapmaya başladıkları vurgulanır. Bu durumun bardağın kırılmasına neden olduğu vurgulanır.

Üst Bilişi Geliştirici Stratejiler

a. Anlaşılabilirlik: Bu açıklama size anlaşılır geldi mi? Sebebi nedir? Anlaşılır olmayan noktalar nelerdir?

b. Akla yatkınlık: Konuyu akla yatkın olup olmaması bakımından değerlendirelim. Hangi noktaları akla yatkın buldunuz hangilerini bulmadınız?

c. İşe yararlık: Bu konuyu işe yararlık bakımından nasıl değerlendirirsiniz? Neden?

3.7 Bilimsel bilginin yeni bir problem durumuna uygulanması

Öğrencilere Video 5 izletilir. Videoda karşılıklı duran iki diyapozondan birine vurulduğunda diğeri de titreşerek ses üretmeye başlamaktadır. Ardından öğretmen olayı yorumlamalarını ister.

3.8 Değerlendirme Öğrencilerin öğretim öncesindeki fikir veya kavramlarına dönerek öğretim sonrasındakilerle karşılaştırma yapmaları istenir.

Konu ile ilgili öğretim öncesindeki fikirleriniz nelerdi?

Konu ile ilgili öğretim sonrasında fikirleriniz nelerdir?

İkisi arasında ne gibi farklılıklar vardır?

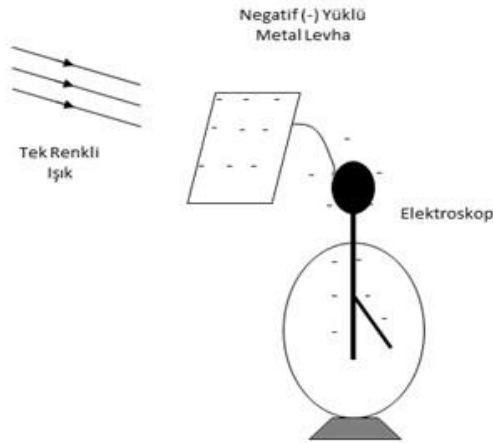
Varsa değişime neden olan etkenler nelerdir?

Yukarıdaki sorular öğrencilere yöneltilecektir.

**EK K: Fotoelektrik Olayın Öğretiminde Problem Çözme Aşamasında
Kullanılan Çalışma Yaprağı**

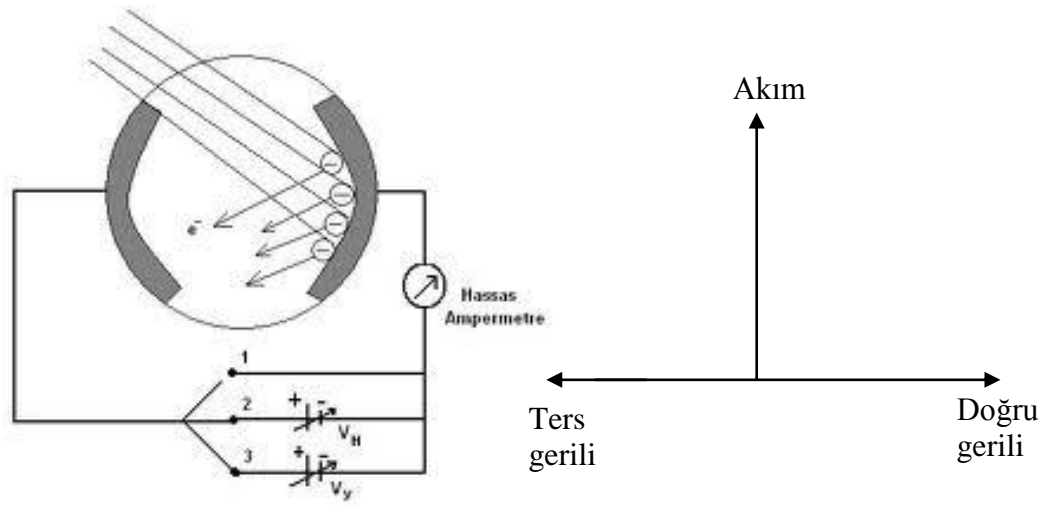
ÇALIŞMA YAPRAĞI

A.

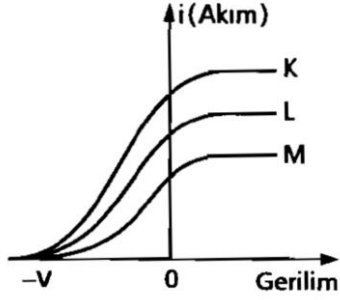


Problem: Metalden sökülen elektronların maksimum kinetik enerjileri ile gelen fotonun frekansı arasındaki ilişki bir grafik üzerinde nasıl gösterilebilir? Simülasyonu kullanabilirsiniz. Grupla çalışarak cevap bulmaya çalışınız.

B. Fotosel lamba için akım gerilim grafiğini çizelim. Simülasyon ile çalışarak akım gerilim grafiğini oluşturunuz.



C.



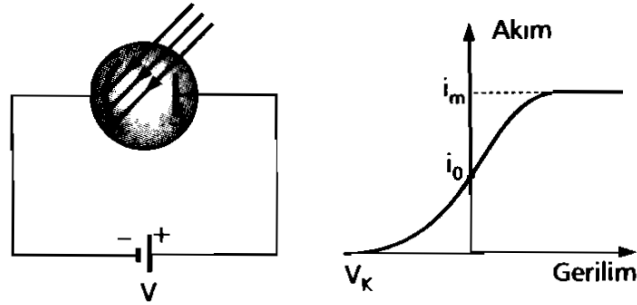
Yanda bir fotosel düşürülen K, L, M ışınlarının bu fotoselde oluşturdukları akım gerilim grafikleri verilmiştir.

a. Bu ışıkların şiddetlerini karşılaştıralım.

b. Bu ışıkların frekanslarını ve dalga boylarını karşılaştıralım.

D. Dalga boyu $\lambda = 2000 \text{ \AA}$ olan ışık, bağlanma enerjisi 2,3 eV olan metale düşürülüyor. Sökülen elektronların en büyük kinetik enerjileri kaç eV olur? ($hc=12400 \text{ eV.\AA}$)

E.



Bir fotoelektrik devresi ve bu devreye ait akım gerilim grafiği şekildeki gibidir.

Gelen fotonların sayısı artırılırsa,

i_m : Maksimum akım şiddeti

i_0 : Akım şiddeti

V_K : Kesme potansiyel farkı

niceliklerinden hangileri değişir?

EK L: Fotoelektrik Olay Konusunun Öğretim Planı

DERS PLANI

SINIF: 11 A-B ÇALIŞMA GRUBU	ÜNİTE: MODERN FİZİK
SÜRE: 45 dk.	KONU: FOTOELEKTRİK OLAY

1. Kazanımlar

1.3 Fotoelektrik olayını açıklar (BİB-1.a-d).

1.4 Fotoelektronların sahip olduğu maksimum kinetik enerji ile durdurma gerilimi ve eşik enerjisi arasındaki ilişkileri özetler.

2. Kullanılan materyaller

1. Çalışma yaprakları
2. Hazırlanan bilgisayar sunusu
3. Fotoelektrik olay deneyinin yapıldığı video.
4. Fotoelektrik Olay ile ilgili simülasyon (phet@colorado.edu)

3. Öğretim

3.1 Öğrencilerin içeriğe motive edilmeleri (Neler Öğreneceğiz?)

Öğrencilere bu derste yine kuantum fiziğinin temeli olan konu üzerinde durulacağı söylenir. Kuantum dünyasının acayiplikleri üzerinde durulacağı belirtilir.

Öğrencilere mağazalardaki ya da marketlerdeki kapıların nasıl otomatik olarak açılıp kapnadığının derste öğrenileceği bilgisayar sunusu ise açıklanır.

3.2 Öğrenci fikirlerinin ön kavramlarının ortaya çıkarılması

Öğrencilere bilgisayar sunusu yardımıyla kavramsal anlama testindeki fotoelektrik olay ile ilgili bir soru yöneltilir.

“Işık kaynağını kullanarak, eksi yüklü elektroskoptaki yük miktarını değiştirmek mümkün müdür?”

Öğretmen yorum yapmadan öğrencilere söz verir. Yanıtlar tahtaya not alınır.

“Işığın rengini değiştirsem ne olur? Şiddetini değiştirsem ne olur, Işık kaynağını metale yaklaştırsam ne olur?” soruları sorulur. Öğretmen gelen yanıtları özetleyerek tahtaya yazar.

Üstbilişsel Yönlendirmeler:

Bu yorumunuz sizce yeterince anlaşılır mı?

Bu görüşünüz size neden akla yatkın geliyor? Soruları sorulacaktır.

Motivasyonel Stratejiler

Tüm öğrencilere konuşması bitene kadar zaman verilmesi,

Tüm öğrencilerin konuşabileceği rahat, düşüncelere saygı duyulan demokratik bir ortam oluşturulması,

Tüm öğrencilerin yanıtlarının tahtaya yazılması,

Tartışma sonunda çok etkili ve verimli bir tartışma yapıldığının söylenmesi.

3.3 Çelişkili olayın çatışacağı ön bilgilerin gözden geçirilmesi

Ayrıca öğrenciler 10.sınıfta cisimleri elektron alıp vererek yüklenebileceklerini öğrendiler.

Öğrencilere elektroskobun nasıl eksi yüklenebileceği sorulur?

Ayrıca yüklenmiş bir elektroskobun yükünü artırma ya da yükünü değiştirme için neler yapılabileceği sorulur.

Ayrıca elektroskobun nötr hale gelmesi için ne yapılabileceği sorulur. Bununla birlikte bilişsel çatışmanın oluşturulabilmesi için öğrencilerin elektroskobun yapraklarının kapanmasını da tam olarak elektroskobun nötr hale gelmesi olarak yorumlamaları gerekmektedir. Bu nedenle öğrencilere elektroskop nötr iken yaprakların durumu için ne söylenebileceği sorusu yöneltilir.

Ayrıca öğrenciler 10.sınıf dalgalar ünitesinde genliğinin artması ile dalganın şiddetinin ve enerjisinin artacağını öğrendiler. Öğretimde, bilişsel çatışma bölümünde klasik fiziğin açıklayamadığı noktalar ortaya konulacaktır. Bu nedenle mekanik dalgaların şiddeti ile enerjisinin orantılı olduğu vurgulanmalıdır ki; öğrenci klasik fizik mantığı ile şiddeti artırdığımızda fotoelektrik olayın gerçekleşmesini beklesinler.

3.4 Bilişsel çatışmanın oluşturulması

Öğrencilere fotoelektrik olaya ait deney gösterilir. Deneyde bir eğitimci önce yüklü levhaya floresan lamba yaklaştırmakta elektroskobun yapraklarında bir değişiklik olmamaktadır. Ancak morötesi ışık kaynağı yaklaştırdığında elektroskobun yaprakları kapanmaktadır.

3.5 Grupla Çalışma ve Tartışma

Öğrencilere "bu olayı nasıl açıklarsınız?" sorusu sorulacaktır.

Beş dakikalık süre verilecek ve grupla çalışarak cevap vermeleri istenecektir.

Öğretmen bu aşamada gruplar arasında dolaşıp ve cevap vermeden tartışmalara katılacaktır.

Öğretmen sürenin sonunda grup sözcülerinden grup yanıtlarını ifade etmelerini isteyecektir.

Gruplar açıklamalarını yaparken anlaşılabilirlik ve akla yatkınlık bakımından yanıtlarını savunacaktır.

Öğretmen sorular sorarak öğrencilerin açıklamalarını derinlemesine incelenmesini böylelikle diğer öğrenciler için anlamlı hale gelmesini sağlayacaktır.

Gruplardaki öğrencilerin diğer gruplara sorular sormalarına da fırsat verilecektir.

Böylelikle grup çalışması ile başlayan süreç sınıf tartışması ile sonu bulacaktır.

Bu bölüme kadar öğrencilere herhangi bir açıklama yapılmayacaktır.

“Sevgili öğrenciler artık hepiniz bir bilim adamısınız. Önünüzde fotoelektrik olayla ilgili bir deney düzeneğinin bilgisayar ortamındaki simülasyonu var. Sizden isteğim bilim adamları gibi bilinmezi bulmanız ve açıklanmamış açıklamanız. Düşününki bu düzeneği ilk defa siz kurdunuz. Göreviniz düzeneği açıklamak, ilişkileri keşfetmek. 10 dakika süreniz var. Tek kısıtlama şimdilik pille oynamayalım.”

Üst bilişsel Yönlendirmeler:

Bu açıklamalarınız anlaşılır mı?

Bu açıklamanızın akla yatkın olduğuna dair delilleriniz nelerdir?

Sunulan materyali yeterince anladınız mı?

Sunulan materyalin amacını anladınız mı?

Motivasyonel Stratejiler:

Öğrencilere tartışma için yeterince süre tanınması ayrıca yapılan her yorumun çok değerli olduğunun vurgulanması.

Gruplar sonuçlarını açıklarken önemsendiklerinin hissettirilmesi.

Her grubun yanıtının eksiksiz tahtaya yazılması.

Akademik Geribildirim Öğrencilere sorular sorarak onları yönlendirir. Öğrencilerin açıklamalarını yorumlar. Olumlu ya da olumsuz eleştirir. Daha ayrıntılı düşüncelerini sağlamaya çalışır.

Üst Bilişi Geliştirici Stratejiler

Bu yorumunuz ne derece anlaşılır?

Yapılan yorumların başka hangi bilgilerle örtüştüğü ya da hangileri ile örtüşmediği sorulur.

Bu yorumunuzu akla yatkın kılan delilleriniz nelerdir?

Fikirlerinden ne derece emin olduklarını sorar?

Öğrenciler grup çalışması sonucun raporlarını verilen kağıtlara yazarlar. Kendi aralarından seçtikleri sözcükler grup sonuçlarını açıklar.

Motivasyonel Stratejiler:

Motivasyonel geri bildirim. “Bilim adamları da sizler gibi çalışıyorlar.” Grup çalışmasının sonunda tüm grupların mükemmel çalıştığının söylenmesi.

3.6 Bilimsel bilginin tanıştırılması

Grupların ulaştıkları sonuçların irdelenmesi ile bilimsel bilginin tanıştırılması süreci başlatılır. Grupların verdikleri yanıtlardan en uygun olanı en sona bırakılacak şekilde yanıtlar elenerek en sonunda en doğru yanıt üzerinde bilimsel sonuca ulaşılır.

Bilgisayar sunusu eşliğinde öğretime devam edilir. Öğrencilere ışık yüksüz olduğuna göre elektroskobun yapraklarının kapanmasının ilginç olduğu vurgulanır.

“Elektroskopun yaprakları kapandığına göre elektroskop muhakkak yük kaybediyor olmalıdır. Bu da gelen ışığın elektronları koparmasından başka bir şey değildir.”

“Gelen ışığın fotonları levhadan elektron koparmıştır. Peki neden floresan ışığı değil de morötesi ışık elektron koparabilmiştir? Gelen ışığın frekansı arttıkça demek ki ışığın enerjisi de artıyordur. Daha önce karacisim ışıması konusunda bu nokta üzerinde durmuştuk”.

Gruplara tekrar süre verilir. Fotoelektrik olayı enerjinin korunumu bakımından açıklamaları istenir. Yanıtlar alınır verilen yanıtlar tahtaya yazılır. Üst bilişsel yönlendirmeler yapılır. Verilen yanıtın açıklık ve akla yatkınlık boyutları ile tartışmaları istenir.

Bilgisayar sunusu eşliğinde verilen yanıtlar irdelenerek Einstein’ın fotoelektrik denklemi verilir. Gruplara verilen çalışma yaprakları üzerindeki problemin çözümü yapılır.

Üst Bilişi Geliştirici Stratejiler

a. Anlaşılabilirlik: Bu konuyu anlaşılır buluyor musunuz? Sebebi nedir?

b. Akla yatkınlık: Konuyu akla yatkın olup olmaması bakımından değerlendirelim. Hangi noktaları akla yatkın buldunuz hangilerini bulmadınız?

c. İşe yararlık: Bu konuyu işe yararlık bakımından nasıl değerlendirirsiniz? Neden?

Burada öğrencilerin ikna olabilmeleri için fotosel lambaların, insanları görünce açılan otomatik kapıların çalışma ilkesi vurgulanır. Ayrıca güneş pilleri vurgulanır. Bu konun ortaya çıkmasının bilim adamlarına açtığı ufuklardan bahsedilir.

Klasik fizik yasalarının çalışmadığı modern fizik yasalarının açıkladığı durumlar açıklanır. Modern fiziğin kabulleri savunulur. Işığın tanecik özelliğinin bu deneyde kanıtlandığı vurgulanır.

3.7 Bilimsel bilginin yeni problem durumlarına uygulanması

Öğrenciler çalışma yaprağının A bölümünde bulunan probleme yönlendirilir. Çözmeleri için süre verilir.

“Metalden sökülen elektronların maksimum kinetik enerjileri ile gelen fotonun frekansı arasındaki ilişki bir grafik üzerinde nasıl gösterilebilir?”

Gelen fotonun her frekans değerinde fotoelektrik olay gerçekleşir mi?

“Sınır bir frekans değeri var mıdır?”

Eşik frekansı vurgulanır.

“Gelen fotonun frekansı Eşik frekansından daha büyük olursa ne olur?”

“Grafiği nasıl çizebiliriz?”

“Bu grafikte eğim hesaplayalım”

Öğrenciler alışma yaprağındaki B bölümüne yönlendirilir. Bir fotosel için doğru gerilim ve ters gerilim uygulanması durumu incelenir. nce ğrencilere simülasyonu inceleyerek yorum yapmaları için süre verilir. Öğrenciler yine grup çalışması yaparak sonuçlarını oluştururlar.

Grupların sonuçları dinlenerek, tartişma ortamı içinde sonuca ulaşılır.

Akım gerilim grafiğini çizerken önce 1 anahtarını kapatalım. Beklentileriniz nedir? Akım oluşur mu?

Daha sonra 2. Anahtarını kapatıp diğer anahtarları açalım. Gerilimi artıralım.

En son da 3. Anahtarını kapatıp diğerlerini açalım. Gerilimi artıralım.

Tartişma ortamı içerisinde bir fotosel için akım gerilim grafiği çizilir.

Öğrencilerin öğrenmelerini pekiştirmek için çalışma yaprağındaki C, D ve E bölümüne yönlendirilirler.

st Bilişi Geliştirici Stratejiler

Akla Yatkınlık: Problemin zm neden akla yatkındır sorusu sorulacak

İşe yararlık: Öğrencilerden yeni öğrendikleri kavramın kendileri için işe yarar olduğunu düşünmeleri beklenmektedir. Yeni problemlerin üzümünde eski kavramlarının işe yaramadığını, yeni kavramlarınsa işe yaradığını görmeleri hedeflenmektedir.

3.8 Değerlendirme

Öğrencilere "Kafa Yoran Sorular" bölümündeki soru hatırlatılır. Öğretim ncesi ve ğretim sonrasında bu soruya ilişkin fikirlerinin ne olduğu sorulur. Eğer değişim varsa bu değişime öğretimdeki hangi etkenin neden olduğu sorulacaktır.

Öğrencilere ğretim öncesi kavramlarının açıklayamadığı noktaların ne olduğunu, yeni öğrendikleri kavramların fotoelektrik olayı açıklamakta başarisını değerlendirmeleri istenecektir.

Öğrencilerden dersin güçlü ve zayıf yanlarını değerlendirmeleri istenecektir.

EK M: Araştırma İzni

T.C.
MANİSA VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 46949512 - 605.01 - 5884
Konu : Mehmet KURAL'ın Araştırma İzni

12 2 ŞUBAT 2013

MÜDÜRLÜK MAKAMINA

İlgi : a) MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 07/03/2012 tarih ve 3616 sayılı 2012 / 13 No'lu genelgesi.
b) Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünün 01/02/2013 tarih ve 305 sayılı yazısı.

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi Doktora öğrencisi Mehmet KURAL'ın, "Üst Biliş Stratejileri ile Desteklenmiş Bilişsel Çatışmaya Dayalı 11. Sınıf Modern Fizik Öğretiminin Öğrencilerin Kavramsal Değişim, Motivasyon ve Tutumlarına Etkisi" konulu Doktora tez çalışmasını, ilimiz ilçesi Anadolu Öğretmen Lisesi'nde uygulamak istediği belirtilmektedir.

Söz konusu ölçeklerin ilimiz ilçesi Anadolu Öğretmen Lisesi'nde, 2012-2013 öğretim yılı içerisinde, eğitim öğretimi aksatmadan uygulanması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınızı arz ederim.

Reşat PALAZ
Şube Müdürü

OLUR

... /02/2013

Mustafa ALTINSOY
Millî Eğitim Müdürü

EK: Araştırma Değerlendirme Formu (1 Sayfa)