

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

YAPILANDIRMACI YAKLAŞIMIN TEMEL ALINDIĞI IŞIĞIN DALGA MODELİ
ÖĞRETİMİNİN ÖĞRENCİLERİN KAVRAMSAL DEĞİŞİMLERİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet KURAL

Balıkesir, Temmuz-2008

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

YAPILANDIRMACI YAKLAŞIMIN TEMEL ALINDIĞI IŞIĞIN DALGA
MODELİ ÖĞRETİMİNİN ÖĞRENCİLERİN KAVRAMSAL DEĞİŞİMLERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet KURAL

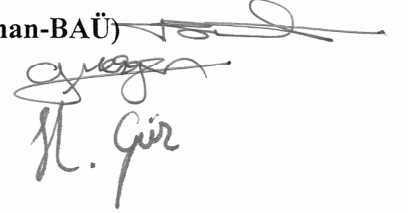
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH

Sınav Tarihi: 16.07.2008

Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH (Danışman-BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Aysel KOCAKÜLAH (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Hülya GÜR (BAÜ)



Balıkesir, Temmuz-2008

ÖZET

YAPILANDIRMACI YAKLAŞIMIN TEMEL ALINDIĞI IŞIĞIN DALGA MODELİ ÖĞRETİMİNİN ÖĞRENCİLERİN KAVRAMSAL DEĞİŞİMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

MEHMET KURAL

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı, Fizik Eğitimi

(Yüksek Lisans Tezi/Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mustafa Sabri KOCAKÜLAH)
Balıkesir, 2008

Yapılandırmacı yaklaşım temel alınarak tasarlanan Işığın Dalga Modeli konusuna ait öğretimin öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerinde olumlu bir etkisi olup olmadığı, ön test son test kontrol gruplu desenin uygulandığı bu araştırma ile belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak; hazır bulunuşluk testi, kavramsal anlama testi ve yarı yapılandırılmış görüşmeler kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini 2006-2007 eğitim öğretim yılında Edremit Anadolu Lisesi'nde öğrenim gören toplam 41 on birinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır.

Öğretimden önce öğrencilere 24 soruluk hazır bulunuşluk testi uygulanmıştır. Deney ve kontrol gruplarından öğrencilerin bu testteki başarı puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığına ilişkisiz t testi ile bakılmıştır. Kolmogorov-Smirnov Testi kullanılarak gruptaki öğrenci sayısı otuzdan az olduğundan normallik analizi yapılmıştır. Aralarından anlamlı bir fark bulunmayan iki fen şubesi rasgele deney ve kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Deney grubuna yapılandırmacı yaklaşım benimsenerek, kontrol grubuna ise öğretmenin aktif olduğu geleneksel yaklaşım benimsenerek öğretim yapılmıştır.

Öğrencilerin Işığın Dalga Modeli konusu ile ilgili kavramsal değişimlerini ortaya çıkarmak amacı ile örnekleme ön ve son test olarak konu ile ilgili deneme çalışması yapılan kavramsal anlama testi uygulanmıştır. Kavramsal değişimi derinlemesine betimlemek, kavramsal değişimi olumlu ve olumsuz etkileyen faktörleri ortaya çıkarmak amacı ile deney ve kontrol grubundan beşer öğrenci ile öğretim öncesi ve sonrasında yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır.

Öğretim sonrasında yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği deney grubundaki öğrencilerin kavramsal anlamalarının daha üst düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. Neden sonuç ilişkileri kurma, bilgiyi transfer edebilme ve yapılandırma noktalarında deney grubunun üstünlükleri görüşmeler ile açığa çıkarılmıştır. Bu araştırmada, yapılandırmacı yaklaşım temelinde tasarlanan Işığın Dalga Modeli öğretiminin, geleneksel öğretime göre kavramların yapılandırılmasında daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Yapılandırmacı Yaklaşım / Kavramsal Değişim / Kavramsal Anlama / Işığın Dalga Modeli

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF INSTRUCTION BASED ON THE CONSTRUCTIVIST APPROACH ABOUT WAVE MODEL OF LIGHT ON STUDENTS' CONCEPTUAL CHANGE

MEHMET KURAL

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

**(MSc. Thesis / Assist. Prof. Dr. Mustafa Sabri KOCAKÜLAH)
Balıkesir, Turkey, 2008**

In this study, it has been examined if there is a positive effect of instruction based on Constructivist Approach about Wave Model of Light on students' conceptual change with a pretest and a post test control group design. Readiness test, conceptual understanding test and semi-structured interviews were used as data collection instruments in the study. The sample of the study consisted of 41 eleventh grade students, who were educated at Edremit High School in 2006-2007 education term in Balıkesir.

Before the instruction, readiness test with 24 questions was applied to students. The difference between the mean scores of students in control and experimental groups were examined with independent samples t-test. Kolmogorov-Smirnov test was also applied to check the normality analysis since the number of students in groups was less than thirty. Two science classes having no statistically significant difference in terms of achievement scores were randomly selected as control and experimental groups. Instruction based on constructivist approach was applied to experimental group. On the other hand, traditional teacher – centered approach was basically applied to the control group.

In order to evaluate students' conceptual change on Wave Model of Light, conceptual understanding test in the forms of pre and post tests was applied before and after instruction. Semi-structured interviews were conducted with five students both from control and experimental groups before and after instruction in order to trace conceptual change in detail.

It has been determined that experimental group students' conceptual changes occur at high level. In this research, it has been revealed with the interviews that experimental group students were more successful in expressing cause and effect and transferring and constructing knowledge. It is concluded that instruction based on constructivist approach about Wave Model of Light was more successful in constructing concepts than traditional teacher-centered instruction.

KEY WORDS: Constructivist Approach / Conceptual Change / Conceptual Understanding / Wave Model of Light

İÇİNDEKİLER	<u>Sayfa</u>
ÖZET (ANAHTAR SÖZCÜKLER)	ii
ABSTRACT (KEY WORDS)	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xiv
ÖNSÖZ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 Öğrenme ve Öğretme Kuramlarına Genel Bir Bakış	2
1.1.1 Jean Piaget'in öğrenme kuramı	2
1.1.2 Jerome Bruner'in Öğrenme Kuramı	4
1.1.3 Robert Gagne'nin Öğrenme Kuramı	5
1.1.4 David Ausubel'in Öğrenme Kuramı	6
1.1.5 Öğrenme Döngüsü Yaklaşımı	8
1.1.6 Yapılandırmacı Yaklaşım	9
1.1.6.1 Radikal Yapılandırmacı Kuram	17
1.1.6.2 Sosyal Yapılandırmacı Kuram	17
1.1.6.3 Yapılandırmacı Yaklaşımın 4 Aşamalı Modeli	19
1.1.6.4 Yapılandırmacı Yaklaşımın 5E Modeli	21
1.1.6.5 Yapılandırmacı Yaklaşımın 7E Modeli	23
1.1.6.6 Yapılandırmacı Yaklaşımı Temel Alan Diğer Modellere Genel Bakış	25
1.1.7 Kavram ve Kavramsal Değişim	28
1.2 Problem	30
1.3 Amaç	33

1.4 Araştırma Soruları	33
1.5 Araştırmanın Önemi	34
1.6 Sayıtlar	35
1.7 Sınırlılıklar	35
1.8 Araştırmanın Yapısı	35
2. KAYNAK TARAMASI	37
3. YÖNTEM	52
3.1 Araştırma Modeli	52
3.2 Evren ve Örneklem	53
3.2.1 Kontrol ve Deney Gruplarının Belirlenmesi	53
3.3 Veri Toplama Araçları ve Geliştirilmesi	53
3.3.1 Hazır Bulunuşluk Testinin Geliştirilmesi	54
3.3.1.1 Hazır Bulunuşluk Testinin Uygulanması	57
3.3.2 Kavramsal Anlama Testinin (KAT) Geliştirilmesi	57
3.3.2.1 Kavramsal Anlama Testi Sorularının Tanıtılması	58
3.3.2.2 Kavramsal Anlama Testinin Uygulanması	64
3.3.3 Görüşme Sorularının Geliştirilmesi	64
3.3.3.1 Ön Görüşme Formunun Tanıtılması	65
3.3.3.2 Son Görüşme Formunun Tanıtılması	68
3.3.3.3 Görüşme Sorularının Deneme Çalışmasının Yapılması ve Uygulanması	71
3.3.4 Doküman İncelemesi	72
3.4 Verilerin Analizi	73
3.4.1 Hazır Bulunuşluk Testinin Analizi	73
3.4.2 Kavramsal Anlama Testinin Analizi	74

3.4.2.1 Kavramsal Anlama Testinin Analizinde İkincil Araştırmanın Kullanılması	77
4. ÖĞRETİM	80
4.1 Öğretimin Tasarlanması	80
4.1.1 Deney Grubu Öğretiminin Tasarlanması	80
4.1.1.1 Kavram Yanılgıları	83
4.1.1.2 Deney Grubu Öğretime Kavramsal Açıdan Bakış	84
4.1.2 Kontrol Grubu Öğretimi	86
4.1.2.1 Kontrol Grubu Öğretime Kavramsal Açıdan Bakış	86
4.2 Öğretimin Uygulanması	87
4.2.1 Deney Grubuna Uygulanan Öğretim	87
4.2.1.1 Bölüm 1	87
4.2.1.2 Bölüm 2	99
4.2.1.3 Bölüm 3	109
4.2.1.4 Bölüm 4	123
4.2.1.5 Bölüm 5	128
4.2.2 Kontrol Grubuna Uygulanan Öğretim	134
5. BULGULAR ve YORUMLAR	135
5.1 Hazır Bulunuşluk Testinden Elde Edilen Bulgular	135
5.2 Kavramsal Anlama Testine İlişkin Bulgular	137
5.2.1 Kavramsal Anlama Testindeki 1.Soruya Ait Bulgular	137
5.2.2 Kavramsal Anlama Testindeki 2.Soruya Ait Bulgular	164
5.2.3 Kavramsal Anlama Testindeki 3.Soruya Ait Bulgular	193
5.2.4 Kavramsal Anlama Testindeki 4.Soruya Ait Bulgular	216
5.2.5 Kavramsal Anlama Testindeki 5.Soruya Ait Bulgular	237

5.2.6 Kavramsal Anlama Testindeki 6.Soruya Ait Bulgular	260
5.2.7 Kavramsal Anlama Testindeki 7.Soruya Ait Bulgular	286
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	307
6.1 Sonuçlar ve Tartışma	307
6.1.1 Öğretim Öncesi Öğrencilerin Işığın Dalga Modeli Konusuna İlişkin Fikirleri	307
6.1.2 Öğretim Sonrasında Öğrencilerin Işığın Dalga Modeli Konusuna İlişkin Fikirleri	311
6.1.2.1 Öğretim Sonrası Öğrencilerin Kavramsal Değişimi Gerçekleştirme Durumları	311
6.1.2.2 Son Test ve Son Görüşmelerden Elde Edilen Verilere Göre Deney ve Kontrol Grubu Arasındaki Farklılıklar	312
6.1.2.3 Öğretim Sonrasında Öğrencilerin Öğrenme Eksiği Yaşadığı Konu ve Kavramlar ve Israrla Savunulan Kavram Yanılgıları	321
6.2 Öneriler	326
6.2.1 Araştırmacının Kazandığı Deneyimler ve Konu İle İlgili Çalışma Yapacak Araştırmacılara Yönelik Öneriler	326
6.2.2 Fizik Öğretmenlerine Yönelik Öneriler	327
6.2.3 Fizik Dersi Öğretim Programına İlişkin Öneriler	329
7. EKLER	331
Ek A-1 Optik konusu ile ilgili kavram haritası	331
Ek A-2 Su dalgaları ile ilgili kavram haritası	332
Ek A-3 Yay dalgaları konusu ile ilgili kavram haritası	333
Ek B-1 Hazır bulunuşluk testinin deneme çalışmasından önceki hali	334
Ek B-2 Hazır bulunuşluk testinin deneme çalışması sonrasındaki düzenlenmiş hali	338
Ek C-1 Kavramsal anlama testinin deneme çalışması öncesindeki hali	342
Ek C-2 Kavramsal anlama testinin deneme çalışması sonrasındaki hali	348

Ek D-1 Ön görüşme formu	352
Ek D-2 Son görüşme formu	354
Ek E Çift yarıktaki girişim çalışma yaprağı	356
Ek F Tek yarıktaki girişim ile ilgili çalışma yaprağı	359
Ek G İnce zarda girişim ile ilgili çalışma yaprağı	360
Ek H Hava kamasında girişim ile ilgili çalışma yaprağı	361
Ek I Öğrencilere Newton Halkaları ile ilgili verilen ödev	362
Ek İ Çözme Gücü ile ilgili çalışma yaprağı	363
Ek J Öğrencilerin grup çalışmaları sırasında aldıkları notlar	364
Ek K Kamera kayıtlarından elde edilen görüntüler	366
Ek L Sembol Listesi	369
8. KAYNAKÇA	370

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1	Öğretim öncesi öğrencinin zihninde öğretilecek kavramla ilgili herhangi bir fikir olmaması durumu	11
Şekil 1.2	Öğrencinin kavramla ilgili ön fikrinin olduğunu ve öğretimden sonra bu fikrin bilimsel görüşle uyumlu hale geldiğinin gösterimi	11
Şekil 1.3	Öğrencinin fikirlerini ısrarla savunduğu durum	11
Şekil 1.4	Öğrencinin fikrinin ısrarla savunulduğu ve öğretime direndiği durum	12
Şekil 1.5	Öğrencilerin öğretim sonrasında bilimsel görüş ve kendi görüşlerini birlikte kullandıkları durum	12
Şekil 1.6	Öğrencinin belli konuları açıklarken bilimsel görüşü, belli konuları açıklarken kendi görüşünü kullandığı durum	13
Şekil 1.7	Öğrencinin öğretim sonrasında bilimsel görüşe ulaştığı durum.	13
Şekil 1.8	Vygotsky'e göre kişisel gelişim şeması	18
Şekil 1.9	Vygotsky'e göre kişilik gelişim modeli	19
Şekil 2.1	Wosailait, Heron, Shaffer, Mc Dermott (1999)' un su dalgalarında girişim konusu ile ilgili yaptıkları öğretim öncesinde kullandıkları ön test sorusu ve öğrencilerin soruyu yanıtlarken izlemesi gereken yöntem	39
Şekil 2.2	Wosailait, Heron, Shaffer, Mc Dermott (1999)' un öğrencilere çift yarıktaki girişim ve çoklu yarıktaki girişim konuları öğretimi öncesinde uyguladıkları ön testte yer alan soru	39
Şekil 2.3	Ambrose, Shaffer, Steinberg ve McDermott (1999)' un ön görüşmelerde öğrencilere yönelttikleri soru	43
Şekil 2.4	Öğrencilerin ışığın tek yarıktaki kırınımı açıklarken kullandıkları model	44
Şekil 2.5	Dar yarıktaki fotonun yarığın kenarlarında sıçrama yapacağı düşüncesi	45

Şekil 2.6	Fotonun sinüsel dalgalar şeklinde yayıldığını, yarıktan geçerken genliğin bir kısmının kesileceğini ön gören öğrenci fikri ve öğrencinin polarizasyonu açıklarken kullandığı model	47
Şekil 3.1	Kavramsal Anlama Testinin 1. sorusu	58
Şekil 3.2	Kavramsal anlama testinin 2. sorusu	59
Şekil 3.3	Kavramsal anlama testinin 3. sorusu	59
Şekil 3.4	Kavramsal anlama testinin 4. sorusu	60
Şekil 3.5	Kavramsal anlama testinin 5. sorusu	61
Şekil 3.6	Kavramsal anlama testinin pilot çalışmasından önceki haline ait 6. soru	62
Şekil 3.7	Kavramsal anlama testinin 7. sorusu	62
Şekil 3.8	8. sorunun deneme çalışmasından önceki ve sonraki hali	63
Şekil 3.9	Kontrol grubu öğrencilerinin kavramsal anlama testindeki 1. soru için ön testten son teste gelişimleri	76
Şekil 4.1	Sınıfın öğretim öncesindeki düzeni	82
Şekil 4.2	Çift yarık düzeneği	88
Şekil 4.3	Newton'un ışık hakkındaki görüşleri	89
Şekil 4.4	Çift yarıktaki girişim deseni	90
Şekil 4.5	Öğretmenin, çift yarıktaki girişimin tanecik modeli ile açıklanamayacağını açıklarken kullandığı çizim	92
Şekil 4.6	Çift yarıktaki girişimin modellenmesi	93
Şekil 4.7	Öğretmenin çift yarıktaki girişimi açıklarken kullandığı çizim	94
Şekil 4.8	Saçak aralığı bağıntısını öğrencilerine buldurmaya çalışırken öğretmenin kullandığı çizim	98
Şekil 4.9	Tek yarık düzeneğinin hazırlanış aşamaları	99
Şekil 4.10	D3 öğrencisinin tek yarıktaki girişim desenindeki aydınlık ve karanlık saçakları açıklarken kullandığı çizim	105

Şekil 4.11	Öğretmenin D3'ün tezini çürütebilmek için kullandığı çizim	106
Şekil 4.12	Bilgisayar sunusundaki Huygens Prensibi ile ilgili bir slayt	107
Şekil 4.13	Huygens ve Newton	107
Şekil 4.14	Öğretmenin Huygens Prensibini tek yarık için uygularken kullandığı slayt	108
Şekil 4.15	Tek ve çift yarık desenleri arasındaki farklılıklar bakımından grupların gözlemleri	111
Şekil 4.16	Tek yarıқта ışık şiddetinin, yol farkına bağlı değişim grafiği	116
Şekil 4.17	İnce zarda girişim ile ilgili öğrenci gözlemleri	118
Şekil 4.18	Öğretmenin, öğrencilerine ince zarda girişimi açıklamalarına yardımcı olmak amacı ile verdiği ipucu	120
Şekil 4.19	Tepe olarak gelen ışığın zar içindeki ilerleyişi	120
Şekil 4.20	İnce zarda aydınlık – karanlık saçakların dizilimi	123
Şekil 4.21	Hava kaması düzeneği	123
Şekil 4.22	İnce zarın beyaz ışıkla aydınlatılması durumu	125
Şekil 4.23	Hava kamasında girişim	126
Şekil 4.24	Hava kamasında girişimin ışığın dalga modeli ile açıklanması	126
Şekil 4.25	Çözme gücü konusunun öğretiminde yararlanılan düzenek	128
Şekil 4.26	Çözülmemiş ve çözülmüş durumdaki kaynaklar	130
Şekil 4.27	İnsan gözünün çözme gücü ile ilgili sunu	131
Şekil 4.28	Deney grubu öğrencilerinden D2'nin öğrendikleri ile ilgili günlüğüne yazdıkları	132
Şekil 4.29	Deney grubu öğrencilerinden D5'in günlüğünden çıkan bir özet	132

Şekil 5.1	Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 1. soruya ait fikirlerinin gelişimi	138
Şekil 5.2	K3 öğrencisinin yol farkını gösterirken kullandığı çizim	152
Şekil 5.3	D1 öğrencisinin okul defterinden alınan ve tek yarıktaki girişimi açıklayan çizim	158
Şekil 5.4	Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 2.soruya ait fikirlerinin gelişimi	165
Şekil 5.5	Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 3. soruya ait fikirlerinin gelişimi	194
Şekil 5.6	Kavramsal anlama testindeki 3.soruda bulunan tek ve çift yarıktaki girişim deseni	195
Şekil 5.7	K4 öğrencisinin kavramsal anlama testindeki ikinci soruyu yanıtlarken kullandığı çizim	210
Şekil 5.8	Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 4.soruya ait fikirlerinin gelişimi	218
Şekil 5.9	İnce zar üzerine düşürülen ışının izlediği yol	230
Şekil 5.10	Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 5.soruya ait fikirlerinin gelişimi	239
Şekil 5.11	K4 öğrencisinin girişim ile ilgili düşünceleri	243
Şekil 5.12	Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 6.soruya ait fikirlerinin gelişimi	262
Şekil 5.13	Tek renkli ışığın hava kamasındaki yansıma ve kırılma durumları	262
Şekil 5.14	D3 öğrencisinin hava kamasını açıklarken kullandığı çizim	264
Şekil 5.15	Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 7.soruya ait fikirlerinin gelişimi	287
Şekil 5.16	Çözülmemiş durumdaki kaynaklar	288
Şekil 5.17	Çözülmüş durumdaki kaynaklar	288

Şekil 6.1.(a)	Kontrol grubu öğrencilerinin öğretim sonrası uygulanan test ve görüşmeler ile ortaya çıkarılan öğrenme eksikliği yaşadığı konu ve kavramlar ile açıklamakta zorluk yaşadıkları noktalar.	321
Şekil 6.1.(b)	Kontrol grubundaki öğrencilerdeki öğretim sonrasında görülen kavram yanlışları	324

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1	Grupların Madde Ortalama Puanları t-Testi Sonuçları	55
Tablo 3.2	Hazır Bulunuşluk Testinin Güvenirlik Katsayısı	57
Tablo 3.3	Kavramsal Anlama Testine Ait Genel Bilgiler	64
Tablo 3.4	Görüşmelere Katılan Öğrenciler	72
Tablo 3.5	Ön ve Son Testte 1. Soruya Verilen Yanıtların Analizi Sonunda Ortaya Çıkan Kategoriler	75
Tablo 3.6	Deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin ön ve son testteki yanıtlarının araştırmacı ve ikincil araştırmacı tarafından kodlanması sonucunda hesaplanan tutarlılık yüzdeleri	78
Tablo 3.7	Tutarlılık yüzdelerinin yedi soru için ortalamalarını göstermektedir	79
Tablo 4.1	Deney grubu öğretimindeki derslerde işlenen kavramsal temalar	85
Tablo 4.2	Kontrol grubu öğretimindeki bölümlerde yer alan etkinliklerin süreleri ve işlenen kavramsal temalar	86
Tablo 5.1	Kontrol ve Deney Grubu Öğrencilerinin Başarı Testindeki Doğrularına İlişkin Bulgular	135
Tablo 5.2	Gruplara ait Skewness ve Kurtosis değerleri	136
Tablo 5.3	Öğrencilerin 1. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları	137
Tablo 5.4	Öğrencilerin 2. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları	164
Tablo 5.5	Öğrencilerin 3. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları	193
Tablo 5.6	Öğrencilerin 4. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları	216
Tablo 5.7	Öğrencilerin 5. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları	238
Tablo 5.8	Öğrencilerin 6. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları	261
Tablo 5.9	Öğrencilerin 7. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları	286

Tablo 6.1	Öğrencilerin öğretim öncesinde kavramsal anlamayı gerçekleştirme yüzdeleri	308
Tablo 6.2	Öğrencilerin öğretim sonrasında kavramsal anlamayı gerçekleştirme yüzdeleri	311

ÖNSÖZ

Çalışmanın her aşamasında yardımını esirgemeyen, kıymetli zamanını benim için ayıran değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr Mustafa Sabri KOCAKÜLAH'a teşekkürü bir borç bilirim. Önerileri ile bana ışık tutan Yrd. Doc. Dr. Aysel KOCAKÜLAH'a teşekkür ederim.

Tezimin oluşumunda büyük katkısı olan, manevi desteğini benden esirgemeyerek her zaman arkamda olan sevgili eşime şükranlarımı sunarım.

Sevgili kızım! Umarım büyüyünce babanın tezini beğenirsin. Sana zaman ayıramadığım için affet beni. Bu tezi eşime ve kızıma adıyorum...

Balıkesir, 2008

Mehmet KURAL

1. GİRİŞ

“Yurdumuzun en bayındır, en göz alıcı, en güzel yerlerini üç buçuk yıl kirli ayakları ile çiğneyen düşmanı mağlup eden zaferin sırrı nedir? Orduların sevk ve idaresinde bilim ve fen ilkelerinin kılavuz edinilmesidir. Milletimizin siyasi ve içtimai hayatı ile ulusumuzun düşünsel eğitiminde de yol göstericimiz bilim ve fen olacaktır. Türk Milleti, Türk Sanatı, Türk Ekonomisi, Türk Şiiri ve Edebiyatı okul sayesinde ve okulun vereceği bilim ve fen sayesinde bütün olağanüstü incelikleri ve güzellikleri ile oluşup geliştirecektir.”

M. Kemal ATATÜRK

22 Ekim 1922, Bursa

M. Kemal ATATÜRK ülkenin ekonomik ve sanatsal gelişiminin okullarda verilen bilim ve fen sayesinde gelişeceğini vurgulamaktadır. Bugün artık tüm uluslar, küreselleşme ile birlikte, ekonomik gücün ve var olabilme rekabeti içinde tutunabilmenin tek yolunun Atatürk'ün de işaret ettiği gibi bilim ve fen olduğunu anlamış durumdadırlar. Özellikle gelişmiş ülkeler, askeri güçlerini, bilimsel ve teknolojik araştırmalara ayırdıkları yüksek miktarlardaki bütçeler ile perçinlemektedirler.

Fen bilimlerindeki yeniliklerin ve buluşların, hem ülkelerin gelişmesine büyük katkılar sağladığı, hem de bilimsel ve teknolojik gelişmelerin temel dayanağı olduğu bilinmektedir. Bu durum fen öğrenmenin ve fen öğretiminin öneminin gün geçtikçe artmasına ve bütün ulusların fen bilimlerinin geliştirilmesine önem vermesine yol açmaktadır. Fen öğrenimi ve öğretiminin önemini kavrayan uluslar, fen eğitimi programlarını geliştirmeye, öğretmenlerinin niteliklerini yükseltmeye ve eğitim kurumlarını araç-gereçlerle donatmaya çalışmaktadırlar. Yurt dışında ve yurt içinde birçok araştırmacı çeşitli öğretim strateji ve yöntemlerinin, öğrencilerin fen

öğrenmeleri üzerindeki etkililiklerini araştırmaktadır. Öğrenmenin doğası araştırılmakta, bunun üzerine her geçen gün yeni teoriler ortaya konulmaktadır.

İnsanlar yaşamları boyunca çevre ile etkileşim sonucu bilgi, beceri, tutum ve değerler kazanmaktadırlar. Öğrenmenin temelinde ise bu yaşantılar bulunmaktadır. Genel anlamda düşünüldüğünde öğrenme, bireyde davranış değişikliği meydana getirme süreci olarak tanımlanmaktadır [1]. Bir başka deyişle öğrenme, çevre ile etkileşimi sonucunda bireyde oluşan düşünce, duyuş ve davranış değişikliğidir. Ancak bu değişikliğin nasıl olduğu konusunda farklı görüşler vardır. Öğrenmenin nasıl gerçekleştiği bilişsel ve davranışçı kuramlarla açıklanmaya çalışılmaktadır.

1.1 Öğrenme ve Öğretme Kuramlarına Genel Bir Bakış

Öğrenmenin nasıl meydana geldiğini açıklamak için pek çok teori ortaya atılmakla birlikte, fen öğretiminde en çok kullanılan teoriler Jean Piaget, Jerome Bruner, Robert Gagne ve David Ausubel tarafından geliştirilen teorilerdir. Bunların dışında son yıllarda Öğrenme Döngüsü (Learning Cycle) ve Yapılandırmacı Öğrenme (The Constructivist Model) Modelleri ortaya atılmıştır.

1.1.1 Jean Piaget'in Öğrenme Kuramı

Bilişsel kuramın savunucularından olan J.Piaget, öğrenmeyi yaşa bağlı bir süreç olarak kabul eden zihinsel gelişim kuramına dayalı olarak açıklamıştır. Zihinsel gelişimi açıklamaya yönelik olarak ise çok farklı ve kapsamlı bir bakış açısı ortaya koyarak, bu süreci doğumdan başlayan ve yetişkinliğe kadar devam eden dört dönemde değerlendirmiştir. Ona göre dönemler ilerledikçe bireyin kavrama ve problem çözme yeteneklerinde niteliksel gelişmeler gözlenmekte ve her bir dönem kendisinden önce gelen dönemlerin özelliklerin özelliklerini içermektedir [2]. Bu dönemler ve bazı özellikleri aşağıda verilmiştir.

I. Duyusal Devinim (Sensorymotor) Dönemi: 0-2 yaş arası dönem olup, bu dönemde birey sözel olmayan davranışlar gösterir. Bu dönemde bebek, dönem içinde duyuları ve motor faaliyetleri yoluyla dış dünya ile ilişki kurar. Dönem ilerledikçe, çevresinde olanlar ve kendisinin çevresinden farklı olduğunun farkına varır. Dönemin sonuna gelindiğinde bebek, karmaşık olmayan zihinsel işlemleri gerçekleştirmeye başlayarak işlem öncesi döneme geçer [2].

II. İşlem Öncesi (Pre-operational) Dönem: 2-7 yaş arası dönem olup, bu dönemde birey sözcük dağarcığını zenginleştirerek dilini geliştirir ve benlik kavramını oluşturur. Çocuk tümüyle ben merkezli bir düşünme yapısına sahiptir. Bu yaştaki çocuklar kendi görüşlerinin olabilecek tek görüş olduğuna inanırlar. Çevrelerindeki diğer insanların kendilerinkinden farklı bakış açısına sahip olabileceklerini anlayamazlar. Bu dönemdeki çocuklarda korunum fikri gelişmemiştir. Dönemin sonuna doğru ben merkezli düşünce gittikçe azalmaya ve yerini mantıklı düşünmeye bırakmaya başlar. Böylece somut işlemler dönemine geçilmeye başlar [2].

III. Somut İşlemler (Concrete Operational) Dönemi: 7-11 yaş arası dönem olup, ilköğretimin ilk beş yılına denk gelir. Bu dönemde bireyin sınıflama, sınıflandırma, karşılaştırma, dört işlem yapma ve dönüştürme gibi becerileri gelişir. Çocuğun işlemleri muhakeme edilişi mantıklı bir hale gelir. İşlem öncesi dönemde çözülemeyen korunum problemleri bu dönemde çözülür. Somut işlemler döneminde çocukların bilişsel yapıları bazı zihinsel problemleri çözebilecek hale gelmiş olmakla birlikte, bu dönemde bir problemin çözülebilmesi, o problemin somut nesnelere bağlantılı olmasına bağlıdır. Somut işlemler dönemi zihinsel işlem yapma yeteneğinin henüz gelişmediği işlem öncesi düşünce ile mantık işletme yoluyla muhakeme yapabilen soyut düşünce arasında bir geçiş dönemi olarak algılanabilir [2].

IV. Soyut İşlemler (Formal operational) Dönemi: 11 yaş ve sonrası olup bu dönemde bireyde ayırt etme, değişkenleri belirleme ve kontrol etme, hayal kurma, soyut kavramları algılayabilme gibi beceriler gelişir. Genelme, tümden gelim, tüme varım gibi zihinsel işlemler yapılabilir. Birey kendi düşünce süreçlerinin farkındadır. Kendi düşüncelerini eşleştirir, diğer bilinen gerçekleri ölçüt olarak kendi

yargılarının doğruluğunu yoklayabilir. Son dönem olan bu dönemden sonra bilişsel yapıda niteliksel bir gelişme ortaya çıkmaz. Ancak geliştirilen yaşantılara bağlı olarak niceliksel gelişmeler her zaman mümkündür [2].

1.1.2 Jerome Bruner'in Öğrenme Kuramı

Fen öğretiminde *kavram öğretimi* ve *buluş yolu ile öğretim* ile iki önemli katkı sağlayan Bruner, kavram öğretimi süresince kavramın adı, kavramın tanımı, kavramın özellikleri ve kavramla ilgili örnekler adımlarının izlenmesi gerektiği fikrini savunmaktadır [3]. Ona göre öğrenciler bu sırayı izleyerek kavramları sınıflandırmakta ve daha kolay öğrenmektedirler. Bruner'de, Piaget gibi öğrenmeyi aktif bir süreç olarak görmekte ve öğretimin öğrencilerin katılımı ile aktif bir süreç halinde yürütülmesi gerektiğini önermektedir. O'na göre öğrencinin öğretime aktif olarak katılımı ancak *buluş yolu ile öğretim* ile mümkündür. Buluş ya da keşfetme yaklaşımı belli bir problemle ilgili verileri toplayıp, analiz ederek soyutlamalara ulaşmayı sağlayan, öğretimde öğrenci aktifliğine dayalı, güdüleyici bir öğretim yaklaşımıdır. Bruner'e göre öğretmenin rolü, paketlenmiş bilgiyi öğrencilere sunmaktan çok, öğrencinin kendi kendine öğrenebileceği bir ortam oluşturmaktır. O'na göre bunu sağlamanın yolu ise buluş yolu ile öğretimdir. Çünkü bu yaklaşım, düşünme, deneme ve bulmayı esas alır. Öğretmen, kavramları kendisinin vermesi yerine, öğrencilerine deney yaptırmalı, kavram ve ilkeleri öğrencilerine kendisi buldurmalıdır. Öğrenciyi belli alanlarda öğretime tabi tutmak, onların belleğine bazı sonuçları yerleştirmek değil, ona bilginin elde edilmesine imkan verecek süreçte katılımını öğretmektir.

Bruner, buluş yolu ile öğretimin öğrencilerin zihinsel gelişmişlik düzeylerine göre üç şekilde uygulanabileceğini savunmaktadır. Bunlar; bağımlı buluş yolu ile öğretim, yarı-serbest buluş yolu ile öğretim ve serbest buluş yolu ile öğretimdir. Bağımlı buluş yolu ile öğretimde öğretmen, problem ve çözüm için uygulanacak metotları vermekte, fakat çözümü öğrenciye bırakmaktadır. Bu uygulama biçimi, bilişsel seviyesi düşük olan veya bilimsel süreç becerileri yeterince gelişmemiş olan öğrencilerin oluşturduğu sınıflarda uygulanabilir özelliktedir. Yarı-serbest buluş

yolu ile öğretimde öğretmen sadece problem durumunu ortaya koymakta, çözüm için uygulanacak yöntemler ve metotları öğrenciye bırakmaktadır. Aynı zamanda problemin çözümü de yine öğrencinin kendisi tarafından yapılmaktadır. Bilişsel seviyesi normal ve bilimsel süreç becerileri yeterince gelişmiş sınıflarda uygulanabilecek bir öğretimdir. Serbest buluş yolu ile öğretimde öğretmen ne problemin belirlenmesinde, ne de çözüm için kullanılacak metotların belirlenmesinde öğrenciye yardımda bulunmaktadır. Çözümü yine öğrenci yapmakta, öğretmen çalışmalar tamamlandıktan sonra gerekli kontroller yapmaktadır. Öğretmen kontrollerini yaptıktan sonra, öğrencilerine geri bildirimlerde bulunmaktadır. Bu yaklaşım bilişsel gelişmişlik düzeyleri yüksek olan sınıflarda uygulanabilecek bir yaklaşımdır [4].

Buluş yolu ile öğretimin en önemli sınırlılıkları; bu yolla öğrenmenin çok zaman alması, bu yöntemin ancak çok iyi bilen kişiler tarafından uygulanabilmesi ve çok sayıda araç-gereç gerekliliğinden dolayı maliyetinin yüksek olmasıdır [4].

1.1.3 Robert Gagne'nin Öğrenme Kuramı

Gagne'nin fen öğretimine en önemli katkısı, bir konunun öğretilmesi için ders amaçlarının öğrencilerde meydana gelecek davranış değişikliği cinsinden yazılmasını savunmasıdır. O'na göre öğretim basitten karmaşığa doğru aşamalı bir şekilde yapılmalıdır. Burada önemli olan öğretim sonunda ulaşılmaması gerek hedefi belirlemek ve öğretim etkinliklerini ona göre düzenlemektir. Bu görüşe göre; en sonda ulaşılmaması istenen amacı en başa alıp, sonrasında ona ulaşmak için diğer alt amaçları hiyerarşik bir şekilde basitten karmaşığa doğru sırlamak en önemli noktadır.

Gagne'ye göre öğrenme birbiriyle ilişkili sekiz aşamadan oluşan bir süreçtir. Bu süreçte en basit öğrenme olan işaretle öğrenme hiyerarşinin en başında, en karmaşık öğrenme şekli olan problem çözme ise hiyerarşinin en sonunda yer alır. Bu sekiz aşama şunlardır:

1. İşaretle öğrenme (signal learning)
2. Uyarım tepki ile öğrenme (stimulus-response learning)

3. Zincirleme öğrenme (chaining)
4. Sözel öğrenme (verbal learning)
5. Ayırt ederek öğrenme (discrimination learning)
6. Kavram öğrenme (concept learning)
7. Kural öğrenme (rule learning)
8. Problem çözme (problem solving)

Gagne'ye göre okul öğretmenlerinde en çok kullanılan öğrenme türleri, ayırt ederek öğrenme, kural öğrenme ve problem çözümdür. Ona göre öğretmenler ders içi etkinlikleri planlarken önce konu ile ilgili temel amacı belirlemeli, konuyu alt amaçlara ayırmalı, öğrencilerin bu sekizli hiyerarşideki yerlerini belirlemeli ve öğretimi buna göre planlamalıdır. Daha önce belirtilen kuramlarda olduğu gibi Gagne de öğrenme kuramında öğrencilerin aktif katılımlarının ve öğrenme sürecinde sorumluluk almalarının önemini vurgulamıştır [4].

1.1.4 David Ausubel'in Öğrenme Kuramı

Ausubel'in öğrenme teorisi; “öğrenmeyi etkileyen en önemli faktör, öğrencinin mevcut bilgi birikimidir, bu ortaya çıkarılıp öğretim ona göre planlanmalıdır” cümlesi ile ifade edilir [3]. Ausubel, geliştirdiği *anlamlı öğrenme kuramı* ile fen öğretimine büyük katkıda bulunmuştur. O'na göre öğrenme büyük ölçüde sözel olarak gerçekleşmektedir. Öğrenmenin anlamlandırılması önem taşır. Anlamlı öğrenmede ön koşul, öğrenciye öğretilecek konu ile ilgili ön bilgilerin kazandırılmasıdır. Ausubel sözel öğrenmenin esaslarını dört madde ile açıklamıştır.

- Yeni öğretilecek olan kavram, bilgi ve ilkeler önceden öğrenilmiş olanlarla ilişkilendirildiğinde anlam kazanırlar. Öğrenci bu ilişkiyi kuramazsa konuyu kavrayamaz.
- Her bilgi ünitesi kendi içinde bir bütün oluşturur. Bu bütünde kavramlar ve kavramlar arası ilişkiler mevcuttur. Öğrenci bu ilişkiyi anlayamazsa yeni konuyu öğrenme de güçlük yaşar.

- Yeni öğrenilecek konu kendi içinde tutarlı değilse veya öğrencinin önceki bilgileriyle çelişiyorsa, öğrenci tarafından kavranmasında ve benimsenmesinde güçlük çekilir.
- Bilişsel içerikli bir konuyu öğrenmede etkili olan zihin süreci tümden gelimdir.

Öğrenci kendine verilen bir kuralı özel durumlarda başarı ile uygulayamıyorsa o konuyu kavramamıştır [4].

Ausubel bu esaslara dayalı olarak *sergileyici öğretim (expository teaching)* adını verdiği bir model geliştirmiştir. Bu model için üç basamak önermiştir.

I. Ön düzenleyiciler kullanarak öğrencilerin yeni konuyu kavramaya hazır hale getirilmesi

Ausubel, öğrenciler için yeni olan konuların öğrenilmesinde ön düzenleyiciler kullanılması gerektiğine dikkat çekmiştir. Ön düzenleyiciler, bilimsel terimlerin ve sözcüklerin anlamlarını ve hatırlatmaları içermekte ve yeni kazanılacak olan bilginin öğrenciler tarafından daha rahat öğrenilmesi için kullanılmaktadırlar. Ön düzenleyiciler konu işlemenden önce öğrenciye verilmektedir. Böylece öğrenciler konuyu öğrenmeye hazır hale gelmektedirler [5]. Ön düzenleyiciler, öğrencinin dikkatini yeni konuya çekmek, öğrenilecek yeni konunun ana düşüncelerine ve kavramlar arası ilişkilere ışık tutmak ve önceki bilgilerden yeni konuyla ilişkili olanları öğrenciye hatırlatmak amacı ile kullanılmaktadırlar.

II. Yeni konunun ayrıntılarını adım adım sergilenmesi.

III. Yeni konunun ana ilkesini çeşitli örnekler ile uygulayarak öğrencinin, birleştirme, kaynaştırma, bağdaştırma gibi zihinsel süreçlerinin geliştirilmesinin sağlanması.

Ausubel'e göre; çeşitli öğrenme durumlarıyla karşılaşan bireyin zihninde gerçekleşen öğrenmeler daha sonraki öğrenmelere temel teşkil etmektedir. Bu öğrenmeler her zaman doğru olarak yapılandırılmış olamayabilmektedir. Yani öğrencilerin zihinlerinde yapılandıkları bilgiler arasında aslında yanlış olan bazı kısımlar da olabilmektedir. Ausubel'in öğretmene yüklediği en önemli görev, önce

bu yanlış anlamaları belirlemesi ve öğretimini bunları giderecek şekilde planlamasıdır.

1.1.5 Öğrenme Döngüsü Yaklaşımı (The Learning Cycle Approach)

Öğrenme döngüsü yaklaşımı Piaget tarafından ileri sürülen zihinsel gelişim kuramı üzerine temellendirilmiş bir öğrenme yaklaşımıdır. Bu yaklaşım öğrencilerin kavramsal gelişim yolu ile kazandıkları bilgilerin sınıfta tartışılması esasına dayanır [6]. Yaklaşımın sınıftaki uygulaması üç basamak şeklinde, ilk kez Karplus, Lawson, Wollman, Apel, Bernoff, Howe, Rusch, Sullivan (1976) tarafından geliştirilmiştir [7]. Bu basamaklar aşağıda açıklanmıştır.

1.1.5.1 İnceleme ve veri toplama aşaması

Bu aşama öğrenciye kendilerine öğretilmek istenen kavramla ilgili olarak yeni bir öğrenme ortamında kendi çabaları, tepkileri ve aksiyonları ile deneyim kazandıkları aşamadır. Öğrencileri öğrenme ortamındaki yeni karşılaştıkları araç-gereçleri ve diğer materyalleri öğretmenin ya da başka kişilerin yardımı olmadan incelerler. Onlar hakkında deneyim kazanmaya çalışırlar. Bu inceleme sırasında öğrenciler karşılaştıkları bazı şeyleri eski bilgileri ile açıklayabilirken, bazı kısımlarda kafalarında bir karışıklık meydana gelir. Öğrenci bu kısımları sahip olduğu zihin yapıları ile açıklayamadığı için, öğretmenin vereceği bilgiye ihtiyaç duyar. Öğrenmeye hazır hale gelirler. Buna *bilgiyi almaya hazır hale gelme* denir [8].

1.1.5.2 Kavram tanıtımı aşaması

Bu aşamada öncelikle öğrenciye yeni kazandırılacak kavramla ilgili bir tanım verilerek öğrencinin bir önceki aşamada kazandığı bilgi ve deneyimleri yorumlaması ve değerlendirmesi sağlanır. Kavramın tanımı öğretmen tarafından verilebileceği

gibi, kitap, film, bilgisayar programı gibi görsel ve basılı bir materyalden de yararlanılabilir. Bu aşamada öğrenci kendisine verilen bilgileri kullanarak ilk aşamada karşılaştığı sorulara cevap bulur. Öğrencilerin inceleme ve veri toplama aşamasında elde ettikleri bilgilerin ve kazanımların yorumlanması ve onlara anlam verilebilmesi için, kavram tanıtımı aşaması, her zaman inceleme ve veri toplama aşamasını takip etmelidir. Aksi takdirde öğrenciler öğrenme güçlüğü çekebilirler [8].

1.1.5.3 Kavram uygulama aşaması

Bu aşama, öğrencilerin ilk iki aşamada öğrendikleri bilgileri ve kavramları yeni durumlara uygulama aşamasıdır. Bu aşamada öğrencilere farklı durumlarla ilgili sorular sorulur. Bu aşama, özellikle zihinsel gelişim seviyesi ortalamanın altında olan, kendi kazandığı deneyimleri öğretmenin anlattıkları ile ilişkilendiremeyen öğrenciler için faydalı olmaktadır [8].

Öğrenmenin bireyde nasıl meydana geldiği konusunda çok fazla görüş olmasına karşın, temelde iki bakış mevcuttur. Bunlar, öğrenmeyi dış süreçler açısından inceleyen davranışçılar ile iç süreçler yönünden inceleyen bilişselcilerdir. Davranışçılar öğrenmeyi “uyarıcı-tepki bağlantısı ve “şartlanma” ile açıklamaya çalışırken, bilişselciler öğrenmenin bir zeka ürünü olduğunu ve öğrenmede zihindeki şemaların rol oynadığını savunmaktadır [9].

Şema önceki bilgilerin organize edildiği, bireyin çevresindeki problemleri anlamada ve çözmeye kullandığı yapı olarak düşünülebilir. Yapılar sürekli olarak olgunlaşma ve çevre ile etkileşim sonucunda değişir, yeniden organize edilir [10].

1.1.6 Yapılandırmacı Yaklaşım

Yapılandırmacı yaklaşım, davranışçı yaklaşıma karşıt görüş olarak anılmaktadır. Davranışçı psikoloji görünen davranışlar üzerindeki değişimlerle ilgilenmektedir (bilişsel yapılardaki değişimlere karşı olarak). Öğrenmeyi ölçülebilir

davranış değişikliği olarak tasavvur etmektedir. Bireysel tepkilerin geliştirilmesi ve değiştirilmesi esastır. Beyin boş bir kutudur. Davranışçılar öğrenci çabasını merkeze almaktadır. Öğrenci doğaya ait bilgileri bu boş kutunun içerisine doldurmaya çalışmakta ve öğretilmekte bu bilgiyi transfer etmeye uğraşmaktadır. Öğrenme – öğretim süreci öğretmenin kontrolünde ve yönetimindedir [11].

Yapılandırmacı perspektif öğrencilerin bilim öğreniminde fiziksel dünya ile etkileşim içinde olduklarını vurgular. Bu etkileşimler sonucunda öğrenciler; fiziksel dünyaya ait bazı fikir ve kavramlarla sınıfa gelirler. Öğrenciler boş kap değillerdir. Bu kavramların çoğu, bilim adamlarının bu zamana kadar yapılandırdıkları fiziksel dünyadan oldukça farklıdır. Öğrencilerin var olan bu fikirleri değişime karşı dirençlidir ve öğretimin önüne sağlam bir bariyer koyar. Yapılandırmacı yaklaşım, bu fikirleri yapılanmada öğretmenler için kullanışlı bir fırsat olarak görür [12].

Birçok araştırmacı öğrencilerde var olan kavramları farklı şekillerde isimlendirmiştir. Örneğin, bu öğrenci kavramlarını, Pine & West (1986) “tabii bilgi” olarak değerlendirmiştir [13]. Driver ve Easley (1978) öğrencilerde var olan bu kavramlar “alternatif kavramlar” olarak isimlendirmiştir [14]. Helm (1980) bu kavramları “kavram yanılgıları” olarak adlandırmıştır [15]. Gilbert, Watts ve Osborne (1982) ise bu kavramlara “çocukların bilimi” demektedir [16].

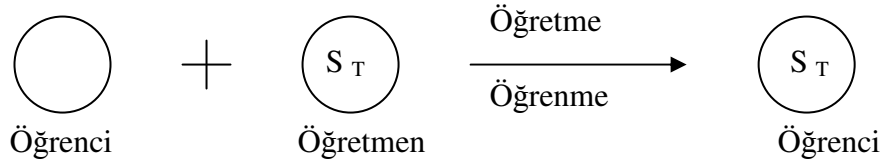
Bu öğrenci kavramları, acemi teoriler, inanç sistemleri, gerçeğin ya da onun yorumundaki hata olarak düşünölebilmektedir [17].

Tytler (2002)’ e göre; öğrencilere, sıkı sıkıya bağlı oldukları ve daha önce sahip oldukları kavramlardan farklı olan bilimsel görüş açıklandığında, aşığıdaki sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Öğrenci;

- önceki fikrini bırakıp, bilimsel fikri kabul edebilmekte
- bilimsel görüşü kabul edebilmekte ancak bazı durumlarda önceki fikirlerini kullanmaya devam edebilmekte
- bilimsel görüş ile kendi görüşünü birleştirerek melez bir kavram geliştirebilmekte

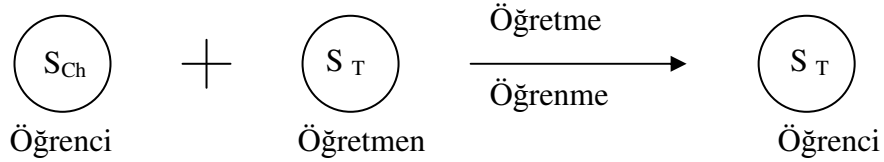
- bilimsel görüşü reddedip kendi görüşünü benimsemeye devam edebilmektedir.

Çocukların bilimi ve bunun fen öğretimi için önemi konusundaki en ciddi çalışmalardan biri, Gilbert, Osborne ve Fensham (1982) tarafından hazırlanmıştır [18]. Öncelikle, öğrencinin zihninde hiçbir kavram ya da fikir olmadığı (blank mind) düşünülmüştür.



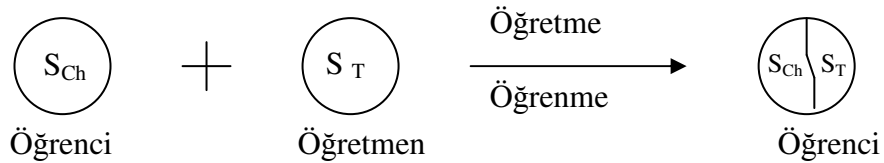
Şekil 1.1: Öğretim öncesi öğrencinin zihninde öğretilecek kavramla ilgili herhangi bir fikir olmaması durumu. (Gilbert, Osborne ve Fensham (1982)'dan alınmıştır.)

Bu durumun değerlendirilmesi Şekil 1.1'de gösterilmiştir (S_T: Öğretmenin bilimini, S_{Ch}: Çocukların bilimini göstermektedir). Öğrencinin “boş kafa” olarak değerlendirildiği bu durumda öğrenci öğretmenin anlattıklarını aynen benimsemektedir.



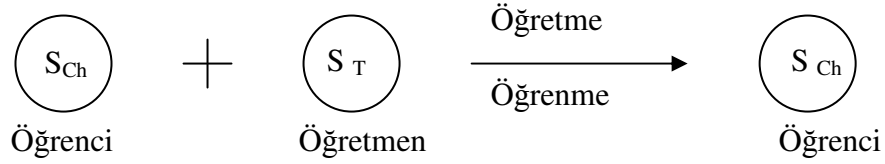
Şekil 1.2: Öğrencinin kavramla ilgili ön fikrinin olduğunu ve öğretimden sonra bu fikrin bilimsel görüşle uyumlu hale geldiğinin gösterimi. (Gilbert, Osborne ve Fensham (1982)'dan alınmıştır.)

Şekil 1.2'deki durum öğrencinin kafasında bir kavram ya da fikir olduğu ancak bunun zaman içinde değişiklik gösterdiği, bir başka deyişle öğrenci tarafından kuvvetlice savunulmadığı durumlarda gerçekleşir.



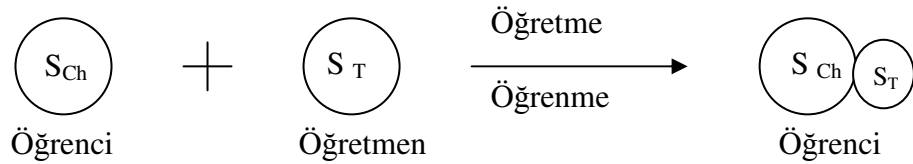
Şekil 1.3: Öğrencinin fikirlerini ısrarla savunduğu durum. (Gilbert, Osborne ve Fensham (1982)'dan alınmıştır.)

Şekil 1.3’de görülen durumda öğrenci kavram ya da fikri kuvvetlice savunmaktadır. Zihnindeki kavramın kendine göre açıklamasını yapabilmekte ve yeni kavrama direnç göstermektedir. Öğretim sonunda öğretmen ve öğrenci bilimleri öğrenci zihninde birlikte bulunmaktadır. Başarılı öğrenciler, öğretmen bilimini sınavlarda ve testlerde kullanmakta, günlük hayatta kendi kavramlarına (çocukların bilimine) geri dönmektedir. Gilbert ve ark (1982)’a göre; Şekil 1.3’de betimlenen öğrenciler söz konusu ise, öğretmenlerin en önemli görevi “çocukların bilimi, onun nasıl keşfedileceği, onun doğası” hakkında çok şey bilmeleridir. Gilbert ve ark (1982), bertaraf edilemeyen çocuklarının biliminin fen öğretimi bakımından sonuçlarını tartışmışlar ve bunları şematize etmişlerdir.



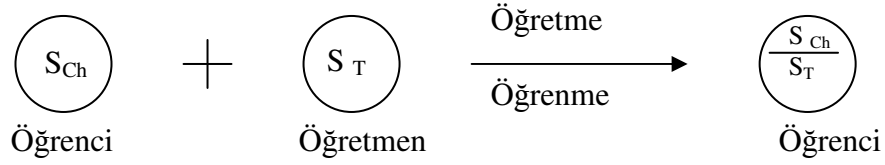
Şekil 1.4: Öğrencinin fikrinin ısrarla savunulduğu ve öğretime direndiği durum. (Gilbert, Osborne ve Fensham (1982)’dan alınmıştır.)

Şekil 1.4’de görüldüğü gibi, ön öğrenmeler ya da öğrenci görüşleri, fen öğretimi süresince değişime direnerek, aynen kalmıştır.



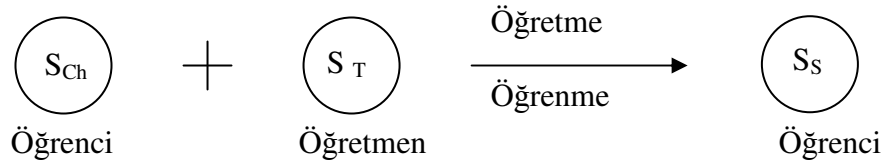
Şekil 1.5: Öğrencilerin öğretim sonrasında bilimsel görüş ve kendi görüşlerini birlikte kullandıkları durum. (Gilbert, Osborne ve Fensham (1982)’dan alınmıştır.)

Gilbert ve arkadaşları (1982)’na göre; Şekil 1.5’de görülen durumda “öğretmen bilimi” gerektiği zamanlarda (yazılı sınavları, testler v.b) öğrenciler tarafından kullanılırken, “çocukların bilimi” günlük hayatta ya da her hangi bir yerde baskınlığını sürdürmektedir.



Şekil 1.6: Öğrencinin belli konuları açıklarken bilimsel görüşü, belli konuları açıklarken kendi görüşünü kullandığı durum. (Gilbert, Osborne ve Fensham (1982)'dan alınmıştır.)

Şekil 1.6'da görülen durumda çocukların bilimi varlığını sürdürmüştür ancak belli konuları açıklamakta öğrenci bilimsel görüşü kullanabilmektedir.



Şekil 1.7: Öğrencinin öğretim sonrasında bilimsel görüşe ulaştığı durum. (Gilbert, Osborne ve Fensham (1982)'dan alınmıştır.)

Şekil 1.7'de görülen durumda öğrenci öğretmenin bilimsel görüşüne göre bilimsel görüşe daha çok yaklaşmıştır. (S_S: Bilimsel Görüş (Scientific Perspective)). Tüm öğretmenler öğrencilerle olan etkileşimlerinin bu noktaya ulaşmasını istemektedirler.

Wittrock tarafından geliştirilen ve Ausubel'in "öğrenmeyi etkileyen en önemli faktör öğrencinin mevcut bilgi birikimidir" ifade edilen düşüncesine dayanan yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı, temelde öğrencilerin mevcut bilgilerini kullanarak yeni bilgi edinmelerini, öğrenmeyi ve kendine özgü bilgi oluşturmayı açıklamaya çalışan bir öğrenme kuramı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu düşünceye göre öğrenci yeni karşılaştığı bilgiyi eskiden var olan bilgileri ile karşılaştırarak yeniden yapılandırmakta ve böylece etrafındaki dünyayı anlamlandırmaktadır. Öğretmen merkezli ve öğrencilerin pasif dinleyiciler olduğu geleneksel öğretim yöntemlerinin aksine, bu model öğrencinin öğrenmede aktif bir rol üstlenmesi gerektiğini savunmaktadır. Teori, öğretmenin kafasındaki modeli tüm özellikleri ile öğrencilerine aktaramayacağını, her bir bireyin bilgiyi farklı şekilde zihinsel süzgecinden geçirerek yapılandırıldığını vurgulamaktadır. Öğrenmede, bireyin ön bilgileri, kişisel özellikler ve öğrenme ortamı son derece önemlidir [19].

Yapılandırmacı öğrenme modeline göre; öğrenme ve öğretmenin eş anlamlı kelimeler olmadığını, öğretmenleri çok iyi öğretici olsalar bile, öğrencilerin her zaman öğrenemeyeceklerini vurgulamıştır. O'na göre bilgi öğrenenin kafasında yapılandırılır ve bilginin öğretmenin kafasından öğrenenin kafasına hiçbir değişikliği uğramadan geçmesi imkansızdır [20,21].

Öğrencilerin öğrenme ortamında kazandıkları bilgiler, onların bu ortama gelmeden önce sahip oldukları ön bilgilere ve içinde buldukları öğretim ortamının onlara ne sağladığına bağlıdır. Bu nedenle öğrencilerin ön bilgileri, varsa kavram yanlışları ciddi bir şekilde ortaya çıkarılmalı ve öğretim bunlar dikkate alınarak planlanmalıdır. Çünkü bu tür bilgiler genellikle bilimsel çevrelerce kabul edilen bilgiden daha az mantıklı, daha az kesindir. Öğrenci yeni kazandığı bilgiyi eski bilgileri üzerine inşa etmektedir. Dolayısıyla öğrencileri ön bilgilerindeki ya da ön kavramlarındaki yanlışlıklar yeni bilgilerinde yanlış öğrenilmesine neden olabilmektedir [22].

Temel olarak bilginin öğrenenin zihninde yapılandırıldığını savunan yapılandırmacı öğrenme teorisinin temel felsefesi beş basamakta ifade edilmektedir [20]

- Öğrenme zihinsel bir süreçtir. Bilginin yapılanması zihinsel işlemleri gerektirir. Bu teoride bilgi veya materyal öğrenene doğrudan verilmemektedir. Bilgiler anlamlı bir şekilde öğrenilmektedir.
- Öğrencilerin önceki bilgi birikimi öğrenmeyi etkilemektedir. Öğrenciye yeni bilgi onun önceki bilgi birikimi ile ilişkilendirilerek verilmelidir. Öğrenenlerin zihinlerinde yeni bilgilerin öğrenilmesine engel olabilecek, çeşitli yanlış kavramalar bulunabilmektedir. Öğrencilerin bu yanlış kavramaları, bilimsel bilgilerle değiştirilecek şekilde öğretim yapılmalıdır.
- Öğrenme; öğrencilerin var olan kavramlarının yanlış ya da tatmin edici düzeyde olmadığını onlara ispatlanması ile daha sağlıklı hale gelmektedir. Öğrencilerin mevcut bilgilerinin problemi çözmekte yetersiz kaldığı onlara gösterilmelidir.

- Öğrenme aynı zamanda sosyal bir süreç olduğundan dolayı, bilişsel anlamda gelişme sosyal etkileşimler sonucunda meydana gelir. Öğrenme, sorgulayıcı tarzda yapılan konuşmalarla daha kolay gerçekleşir.
- Öğrenme kavramla ilgili ek uygulamaları gerektirir. Yeni uygulamalar öğrencinin konu ile ilgili bilgilerinin gelişmesini sağlar.

Yapılandırmacı yaklaşım öğrenciye pasif değil aktif bir rol yüklemektedir. Öğretmenin yönlendirmeleri ile birey bilgileri keşfetmekte, öğrendiği bilgileri yorumlamakta ve daha önceki bilgilerinin üstüne yapılaşlıştırmaktadır. Yapısalcı fen öğretiminde öğrenci rollerini aşağıda verilmiştir [23].

Kubaşık öğrenme: Öğrenciler kubaşık öğrenme ile araştırdıkları bilgileri öğretmene ihtiyaç duymadan grup içinde tartışrlar ve grup içinde bulunan bireyler araştırma sonuçlarından elde ettikleri bilgileri tartışarak doğru bilgiye kendileri ulaşmaya çalışrlar. Burada öğretmen grup içindeki tartışmalara direkt etki etmemeli sadece tartışmalara yön vermeli, doğru çıkarımları desteklemeli ve yanlış çıkarımları sorular sorarak doğru çıkarımlara dönüştürmelidir [23].

Kendi Öğrenmesinden Sorumlu: Yapısalcı fen öğretiminde birey öğrenmelerinden sorumludur. Bireyler neyi öğrenip neyi öğrenmeyeceklerine kendileri karar vermeli ve öğrenmek istediği konular üzerinde grup çalışması veya bireysel çalışmalar yaparak öğretimi gerçekleştirmelidir [23].

Araştırmacı: Öğrenci karşılaştığı sorunlar karşısında çözüm üretirken hazır bilgilerden değil, araştırmaları sonucunda elde ettiği bilgilerden faydalanmalıdır. Bunun öğretmen için anlamı ise sınıfta kitaplardan veya çeşitli kaynaklardan elde ettiği bilgileri sınıfa getirip sunması değil sınıf ortamında bireylere problemler sunup bu problemi çözmelerini istemeli, problem çözüm aşamasında kaynaklardan nasıl yararlanmaları gerektiği konusunda rehberlik etmelidir [23].

Problem Çözücü: Öğrenciler öğrenecekleri bilgileri öğretmen ve aynen kitaplardan hazır olarak almamalıdır. Yapısalcı öğretmenler öğrencilerine bilgi

öğrenebilecekleri problemleri sunarlar, öğrencilerinin araştırma yapmalarını sağlarlar ve bilgilerini yapılandırılmalarını sağlarlar [23].

Teknoloji Kullanıcısı: Öğrenciler bilgi öğrenecekleri yer sınıf ortamı, kitaplar, okul olmamalı teknolojik gelişmelerden yararlanarak birinci elden bilgilere ulaşmalı ve sınıf ortamına bu bilgileri taşımaları arkadaşları ile paylaşarak arkadaşlarının da bu bilgileri öğrenmelerini sağlamalıdır [23].

Yaşam Boyu Öğrenen Bireyler: Yapısalcı sınıflarda öğrenim alan bireyler bilgiye nasıl, nereden ulaşabileceklerini öğrenecekleri için öğrenmeleri sadece okula bağlı olarak kalmayacaktır. Öğretim süreci bittikten sonra herhangi bir bilgi öğrenmeleri gerektiği zaman bilgiyi arayıp öğreneceklerdir [23].

Yapılandırmacı yaklaşımın temelleri Piaget' e dayanmaktadır. Öğrenmenin zihinsel bir süreç olduğunu vurgulayan Piaget, "Bilişsel Yapılanma" dan bahsetmiştir [24].

Piaget yapılandırmacılığı (bilişsel yapılandırmacılık), öğrenmeyi iki ana başlıkta açıklar. Öğrencilerin olayları açıklamakta kullandığı şemalar vardır. Öğrenci, yeni bir durumla karşılaştığı zaman mevcut şemaları ile bu olayı açıklamaya çalışır(asimilasyon). Öğrenci, mevcut şemalarının problemi çözmekte yetersiz kaldığının farkına vardığında, zihninde yeni bir organizasyon süreci başlatır(yerleşme). Piaget'e göre yerleşmenin kalıcı bir şekilde olabilmesi için, öğrencinin var olan kavramlarından hoşnutsuzluk duyması gerekmektedir. Yeni tanıştığı durum ona akılcı ve mantıklı gelmelidir. Öğrenci yeni durumun kendisi için yararlı olduğunu düşünmelidir. Öğrenci birçok konuda ikna edilmelidir. Literatürde karşılaşılan çalışmaların çoğunda görülebilir ki; eğer öğrenci konu hakkında yeterince tatmin olmamışsa, onu bütünüyle reddedip kendi fikirlerini kullanmaya devam edebilmektedir. Öğretmen, yapılanma sürecinde etkili olmalı, olayları kanıtlar eşliğinde sunmalı, öğrencilerin sahip oldukları kavramların yeterli olmadığını konusunda onları ikna etmelidir. Kabul edilen bilimsel görüşün doğruluğunu kanıtlayan örnekler vermelidir [24].

J.Piaget'in zihinsel gelişim teorisine dayandırılarak ortaya atılan yapılandırmacı yaklaşımın en iyi bilinen iki kolu vardır. Bunlar radikal yapılandırmacı yaklaşım ve sosyal yapılandırmacı yaklaşımdır.

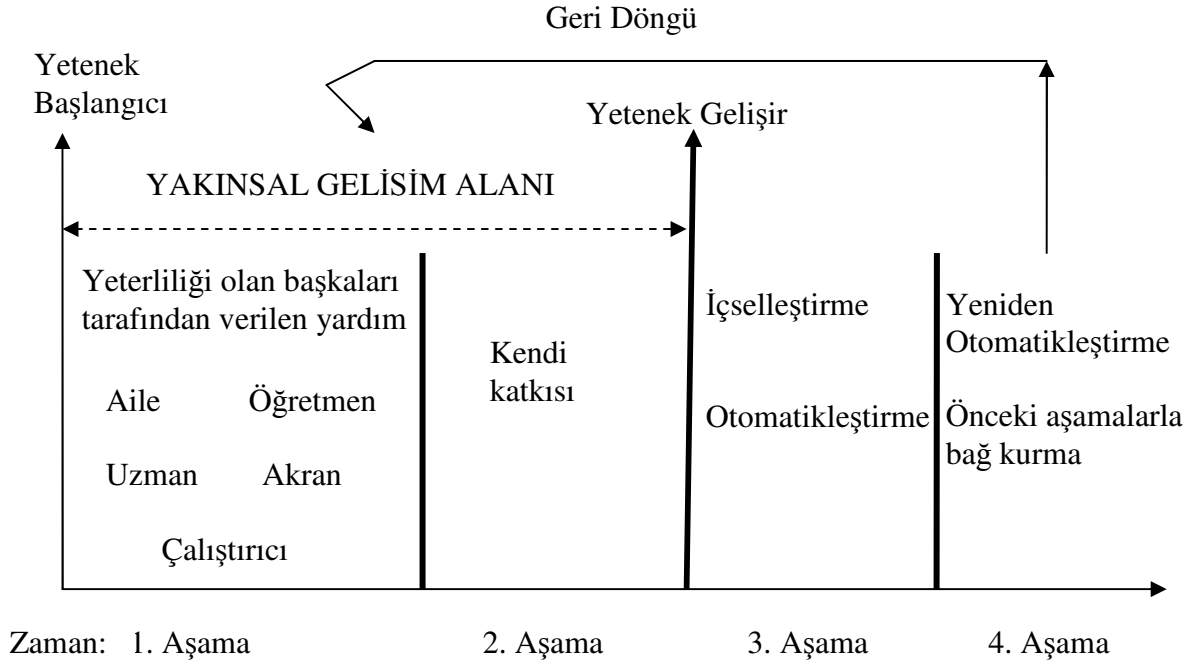
1.1.6.1 Radikal Yapılandırmacı Kuram

Radikal yapılandırmacı yaklaşımın başta gelen savunucusu Ernst von Glasersfeld'dir [12]. Glasersfeld bilginin doğasının filozofik nedenleri üzerinde çalışmıştır. Gelişimi, doğası, fonksiyonları ve amaçları itibari ile bilgiyi ve bilmeyi tanımlar. O'na göre bilgi pasif bir şekilde değil aktif bir şekilde bireyin kendisi tarafından oluşturulur. Öğrenciler arasında sosyal etkileşim bilginin oluşmasında ana unsurdur. Bilgi algılama ile oluşur. Algılama ve bunun sonucunda oluşan bilgi, biyolojik çevreye çok daha iyi uyum sağlar. Algılamanın amacı bireyin kendi dünyasını organize etmesidir. Radikal yapılanma öğretmenin, bilimsel çevrelerce kabul edilmiş bilgiyi öğrenciye aynen transfer edebileceği olasılığını reddeder [25].

1.1.6.2 Sosyal Yapılandırmacı Kuram

Sosyal yapılandırmacı yaklaşımın temelleri Vygotsky'e dayanmaktadır. Sosyal yapılandırıcı yaklaşım dilin doğru kullanımı üzerinde durmaktadır. Sosyal yapılandırmacı yaklaşıma göre bilgi, sosyal etkileşim yolu ile oluşmakta ve kabul görmektedir. Dil insanların etkileşim kurmaları için en önemli olgudur [24].

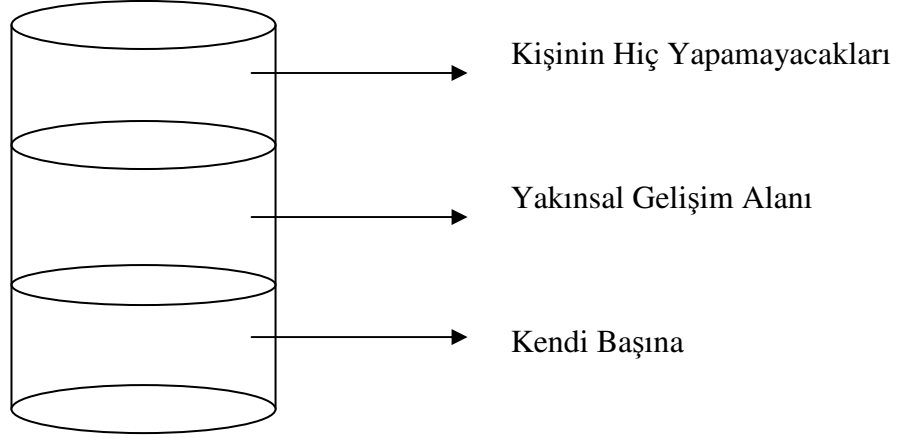
Sosyal yapılandırmacı yaklaşım, kavramsal değişime aynen katılmaktadır. Piaget yapılandırmacılığı bireyi aktif kılarken, sosyal yapılandırmacılık aktif bir çevre üzerinde durmaktadır. Bilişsel yapılanmada bilgi çevreden bağımsızdır, zihinde oluşur. Vygotsky'e göre birey dış çevreden soyutlanamaz. Çevrenin bilgi üzerindeki etkisi yadsınamaz. Vygotsky'e göre birey öğrenirken yakınsal gelişim alanı (Şekil 1.8) denilen bir süreçten geçmektedir [26].



Şekil 1.8: Vygotsky'e göre kişisel gelişim şeması. Tharp ve Gallimore 1988'dan alınmıştır [26, s.35].

1. Aşama ilgili alanda yetenekli olan kişiler tarafından verilmektedir. Kişinin kendi katkısıyla yetenek gelişmekte, daha sonra içselleştirme ve yeniden otomatikleştirme aşamalarına ulaşılmaktadır. Kişi belli yeteneklerini içselleştirip, otomatikleştirdiğinde yeni durumlarla karşılaşmaktadır. Kişi tekrar bu yeni durumla ilgili yakınsal gelişim alanına dönmekte, bu çevrim yeni durumlarla karşılaştıkça sürmektedir [26].

Vygotsky'e göre kişilik gelişimi sonu olmayan bir silindire benzemektedir. Bu silindirin içinde dışarıdan destek aldıkça genişleyen yakınsal gelişim alanı vardır [26].



Şekil 1.9: Vygotsky'e göre kişilik gelişim modeli. (Tharp ve Gallimore (1988)'dan alınmıştır.)

Vygotsky'e göre yardım aldıkça, yakınsal gelişim alanı genişler ve kişinin hiç yapamayacakları bölümü azalır [26].

Radikal yapılandırmacı yaklaşımda odak, algılama ve bireydir. Sosyal yapılandırmacı yaklaşımda odak dil ve toplumdur. Radikal yapılandırmacı öğretmen bireysel yapılanma üzerinde durup, öğrencileriyle birebir ilgilenmeli iken, sosyal yapılandırmacı öğretmen sınıfın tümünün zihnindeki yapılanma ile ilgilenmelidir [12].

Öğrencilerin daha önceki deneyimlerinden ve ön bilgilerinden yararlanarak yeni karşılaştıkları durumlara anlam verdiklerini ve özümstediklerini savunan yapılandırmacı öğrenme teorisinin fen bilimleri eğitiminde kullanımına yönelik olarak çeşitli modeller önerilmektedir. Bu modeller dört aşamalı model, 5E modeli ve 7E modelleridir.

1.1.6.3 Yapılandırmacı Yaklaşımın 4 Aşamalı Modeli

Bu model sınıf ortamında dört aşamalı olarak uygulanmaktadır. Modelin aşamaları aşağıda verilmiştir [8].

1.1.6.3.1 Birinci Aşama

Bu aşamada öğrencilerin dikkatlerini kavram üzerine çekmek için bir tanıtım yapılmaktadır. Öğrenciler sınıflara daha önceden edindikleri deneyimleri, fikirleri ve yanlış kavramaları ile gelmektedirler. Öğretmenin görevi öğrencilerin ön fikirlerini, kavrama düzeylerini varsa yanlış kavramalarını ortaya çıkarmaktır. Böylece öğretmen için öğretim etkinliklerini öğrencilerin düzeyine göre hazırlama olanaklı hale gelmektedir [8].

1.1.6.3.2 İkinci Aşama

Bu aşamada öğretilmek istenen kavramla ilgili olarak öğrencilerin zengin öğrenme yaşantıları geçirmeleri için çaba gösterilmektedir. Öğretmen, öğrencilerin aktif olduğu (grup çalışması, beyin fırtınası, sınıf tartışması, yeni araç-gereçlerle deneyim kazanma v.b) veya öğrencilerin dikkatini çekip onları konuya odaklayacak (film izletme, data show kullanma, modeller kullandırma vb.) değişik öğretim yöntemlerinden yararlanmaktadır [8].

1.1.6.3.3 Üçüncü Aşama (Mücadele Aşaması)

Bu aşamada, öğretmen, öğrencileri kavramlarla ilgili yeni öğrendiklerini, ön bilgileri ile karşılaştırdıkları, sorguladıkları ve değiştirdikleri ortam oluşturmaktadır. Öğretmen bu aşamada biraz daha aktif hale gelmekte ve verilmek istenen kavram veya konu öğretmenin belirleyeceği yöntem kullanarak verilmektedir. Öğretmen sınıfın düzeyine göre açıklamalar yapmakta ve öğrencilerin konu ile ilgili sorular sormalarına olanak sağlayarak konunun öğrenciler tarafından kavranmasına yardımcı olmaktadır [8].

1.1.6.3.4 Dördüncü Aşama (Uygulama Aşaması)

Bu aşama öğrencilerin yeni kazandıkları bilgileri farklı durumlara uyguladıkları aşamadır. Bunun sağlanması için öğrenme-öğretme sürecinde öğrencilerin öğrenilen kavramlarla ilgili değişik uygulamalar yapmalarına olanak sağlayacak problem çözme, kompozisyon yazma, günlük hayattaki olaylar ile bağlantı kurma gibi etkinlikler gerçekleştirilmektedir. Ayrıca öğrencilere ilk aşamadaki yanlış kavramaları hatırlatılarak neler öğrendiklerinin farkına varmalarını sağlanmaktadır. Bu aşamanın en önemli özelliği yeni kazanılan kavramların farklı uygulamalarla pekiştirilmesidir [8].

1.1.6.4 Yapılandırmacı Yaklaşımın 5E Modeli

Dört aşamalı modelin yanı sıra, beş aşamalı olarak uygulanan ve “5E Modeli” olarak bilinen bir model daha vardır. Girme, keşfetme, açıklama, derinleştirme ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalar aşağıda açıklanmıştır [27].

1.1.6.4.1 Girme (enter/engage) Aşaması

Yeni fikirleri öğrenmeye başlamadan önce, öğrencilerin eski fikirlerinin farkında olmaları gerekmektedir. Bu nedenle öğretmen ilk olarak, öğrencilerin konu hakkında bildiklerini tanımlamalarına yardımcı olmalıdır. Öğrenci karşılaştığı bir sorunu ya da gözlemlendiği bir olayı anlamak için merakla derse başlayacaktır. Bu aşamada öğrencilere olayın nedeni hakkında sorular sorulmalıdır. Bu basamakta anlatma, tanımlar verme, kavramları açıklama ya da öğrencilere göreceklere konuyu söyleme gibi etkinlikler söz konusu değildir. Burada önemli olan doğru cevabı bulmaları değil, değişik fikirleri ileri sürmeleri ve kendileri ya da arkadaşlarına sorular sormalarıdır. Yani önemli olan öğrencilerin kavrama aç hale gelmeleridir [27].

1.1.6.4.2 Keşfetme (Explore) Aşaması

Öğrenciler birlikte çalışarak, deneyler yaparak, öğretmenin yönlendirebileceği bilgisayar, video ya da kütüphane ortamında çalışarak sorunu çözmek için veya olayı açıklamak için düşünceler üretmektedirler. Bu düşünceler öğretmenin süzgecinden geçtikten sonra olayı çözümlmek için çözüm yollarına dönüştürülmektedir [27].

1.1.6.4.3 Açıklama (Explain) Aşaması

Öğrenciler, çoğu zaman öğretmenin yardımı olmadan yeni düşünme yolları bularak genellemeler yapmakta güçlük çekmektedirler. Öğretmenin, öğrencilerin yetersiz olan eski düşüncelerini, bilisel olarak kabul edilen gerçeklere doğru yaklaştırdığı bu basamak modelin en öğretmen merkezli bölümü olup, bu evrede öğretmen düz anlatım yöntemini kullanabileceği gibi, film ya da video gibi teknolojilerden yararlanabilir. Öğrencilerin ne yaptıklarının farkında olabilmeleri için onlardan yaptıklarını açıklamalarını isteyebilir. Öğretmen bu bölümde bilimsel gerçeği ve ilkeleri açıklamakta ve bunu yaparken öğrenciyi oldukça öğrenme ortamına dahil etmeye çalışmaktadır. Onların eski deneyimlerini ve yeni kazandıkları bilgiyi ortaya koymaktadır [27].

1.1.6.4.4 Derinleştirme (Elaborate) Aşaması

İncelemeye başlanılan konu ile ilgili yeni bilgiler edinildikten sonra, konunun derinlemesine incelenmesi gereklidir. Öğrenciler, birlikte ulaşılmış oldukları bilgileri veya problem çözme yaklaşımını yeni olaylara veya yeni problemlere uygulamaktadırlar. Bu yolla daha önce zihinlerinde var olmayan yeni kavramları ve konu ile ilgili yeni problem çözme stratejilerini öğrenmiş olurlar. Öğretmen öğrencilerinden yüksek oranda doğruluk ve sorumluluk istemektedir. Öğrencilerin yeni durumlarla karşılaştıklarındaki açıklamaları, girişimleri, öğretmene konunun ne denli kavrandığı konusunda yol gösterici olmaktadır [27].

1.1.6.4.5 Değerlendirme (evaluate) Aşaması

Bu dönem öğrencilerin anlayışlarını sergilemelerinin beklendiği evredir. Öğrenciler düşünme tarzlarını ya da davranışlarını yeniden test etme imkanı bulurlar. Değiştirirler ya da onarırlar. Çoğu zaman öğretmen, öğrencileri problem çözerken onları izlemekte ve onlara açık uçlu sorular sormaktadır. Bu aynı zamanda yeni kavram ve becerileri öğrenmede, öğrencilerin kendi gelişimlerini değerlendirdikleri evredir. Böylelikle bu son aşamada öğrenciler, yeni edindikleri bilgilerini ve becerilerini değerlendirmek ve bir sonuca ulaşmak fırsatını bulmaktadırlar [27].

1.1.6.5 Yapılandırmacı Yaklaşımın 7E Modeli

Yukarıda bahsedilen iki modelin yanında son yıllarda geliştirilen ve fen sınıflarda kullanılmasının etkililikleri sıkça tartışılan bir model daha vardır. Bu model “7E Modeli” ismi ile anılır. Modelin adından da belli olacağı gibi 7 aşaması vardır ve bunlar hakkında bilgi aşağıda verilmiştir [28].

1.1.6.5.1 Teşvik Etme (Excite) Aşaması

Bu basamakta öğretmen öğrencinin derse ilgisini çekmek için çeşitli sorular sormakta ve öğrencilerin yeni öğretilecek kavram hakkında ne bildiklerini, hangi ön bilgilere sahip olduklarını ve ne düşündüklerini ortaya çıkarmaya çalışmaktadır. Öğrenciler yeni öğretilecek konu hakkında düşünmeye sevk edilirler [28].

1.1.6.5.2 Keşfetme (Explore) Aşaması

Bu basamakta öğrenciler yeni karşılaştıkları olayı keşfetmek ve gözden geçirmek için sorgulama yöntemini kullanırlar. Ayrıca yapacakları etkinliğin sınırları içinde kalmak şartıyla serbest düşünerek tahminler yapar ve hipotezler kurarlar. Çözüme yönelik alternatif deneyler yaparlar. Sonuçları üzerinde tartışırlar.

Öğretmen bu aşamada pasif bir rol üstlenmektedir. Öğrencilerin birlikte çalışmasını teşvik eder. Onları gözlemler ve dinler. Bunun yanında yaptıkları incelemeleri tekrarlamaları için öğrencilere geniş kapsamlı sorular sorar. Onları düşünmeye ve yorum yapmaya sevk eder [28].

1.1.6.5.3 Açıklama (Explain) Aşaması

Öğrenciler farklı bilgi kaynakları kullanarak grup tartışmaları yaparlar. Öğretmenin rehberliğinde öğrenilen kavramların açıklamalarını ve tanımlamalarını yapmaya çalışırlar. Öğretmen sorular sorarak onlardan daha derin açıklamalar yapmalarını ister. Ayrıca öğrencilerin daha önceki deneyimlerini temel alarak tanımlamalar ve açıklamalar yapar ve bu yollar yeni kavramlar ortaya atar. Öğrenciler ise öğretmenin önerilerini dinleyerek yorumlamaya çalışır. Açıklamalarında ise daha önce yaptıkları etkinliklerdeki kaydedilmiş gözlemleri kullanırlar [28].

1.1.6.5.4 Genişletme (Expand) Aşaması

Öğretmen, öğrencilerin formal kavramları, tanımları ve açıklamaları araştırmalarını ve bunları kullanmalarını ister. Öğrenciler ise önceki bilgilerinin yardımıyla yeni sorular sorarlar, çözüm yolları önerirler, kararlar alırlar ve deneyler yaparlar. Öğrenciler bunları yaparken öğretmenin teşvikine ihtiyaç duyarlar. Öğrencilerin yeni uygulamalar için gerekli bilgi ve delillere sahip oldukları onlara söylenmeli ve kanıtlanmalıdır [28].

1.1.6.5.5 Kapsamına Alma (Extend) Aşaması

Öğretmen mevcut kavramların diğer alanlarındaki anlamlarını da hatırlatır. Ardından karşılaştırma yaparak yeni kavramlar elde eder. Öğrencilerin bu ilişkiyi anlamalarına yardım etmek için öğrencilere sorular yöneltir. Öğrenciler ise

kavramların diğer alanlardaki anlamları ile kendilerine öğretilen anlamları arasındaki ilişkileri görmeye ve orijinal kavramların anlatımını genişletip dünya gerçekleri ile kavramların arasında ilişki kurmaya çalışırlar [28].

1.1.6.5.6 Değiştirme (Exchange) Aşaması

Öğretmen öğrencilere grup tartışması yoluyla kavramlar hakkında bilgi paylaşımı yaptırır. Öğrenciler ise bilgi alanlarına dayalı etkinlikler ile diğer gruplar ya da kendi gruplarındaki arkadaşları ile işbirliği yaparlar. Bu tartışmalarla öğrencilerin fikirleri değişebilir. Bu yolla öğrenciler yeni bir plan yaparak değişen fikirler doğrutusunda yeni deneyler yaparlar [28].

1.1.6.5.7 İnceleme (Examine) Aşaması

Bu modelin son basamağında öğretmen yeni kavram ve becerilerini uygulayan öğrencileri inceler. Bilgi ve becerilerini ölçerek davranış değişikliklerinin sebeplerini açıklamaya çalışır. Öğretmen grup çalışmaları yaptırarak öğrencilere; “neden böyle düşündün?”, “bunun için delilin nedir?”, “...hakkında ne biliyorsun?”, “...nasıl açıklarsın?” şeklinde açık uçlu sorular sorar. Öğrenciler ise edindikleri bilgileri ve delilleri kullanarak bu açık uçlu sorulara cevap vermeye çalışırlar [28].

1.1.6.6 Yapılandırmacı Yaklaşımı Temel Alan Diğer Modellere Genel Bakış

Yapılandırmacı yaklaşım ile ilgili pek çok öğretim stratejisi ortaya atılmıştır. 4 aşamalı model, 5E ve 7E modelleri yukarıda açıklanmıştır. Bunların yanında, eğitim araştırmacılarının ileri, sürdüğü bazı yapılandırmacı yaklaşımı temel alan öğretim stratejileri aşağıda açıklanmıştır.

1.1.6.6.1 Çelişkili olay (Discripant Event)

Öğrenciler 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 rehberlik edilir. Öğrenciler bilimsel görüşün kabul ettiği kavramsal modellerini kurarlar [29].

1.1.6.6.2 Fikirler arası çatışma (Conflict between ideas)

Cosgrove & Osborne (1985), Champagne, Gunstone & Klopfer (1985), Rowell & Dowson (1985) öğrencilerin fikirler arası farklılıklar ile kavramsal değişimi sağlama konusunda kavramsal değişim yaklaşımları ortaya koymuşlardır.

Cosgrove ve Osborne (1985) orijinal adı ile verilecek olan “Generative Learning Model of Teaching” ile öne çıkararak yeni bir yapılandırmacı perspektif tabanlı öğretim stratejisi ortaya koymuşlardır [30].

- Başlangıç fazı: Öğretmen bilimsel görüşün, öğrencilerin görüşünün ve kendi görüşünün sentezini yapar.
- Odaklanma Fazı: Öğrenci kendi görüşünü sınar. Sahip olduğu kavramın içeriğini test eder.
- Öğrencilerin Cesaretlendirme Fazı: Öğrenciler görüşlerinin olumlu ve olumsuz yanlarını tartışırlar ve öğretmen bilimsel görüşü tanıtırır.
- Uygulama Fazı: Yeni düşüncenin başka durumlara uygulanması için öğrencilere fırsat verilir.

Champagne, Gunstone & Klopfer (1985) orijinal adı “Ideational Confrontation” olan bir öğretim stratejisi geliştirmişlerdir. Öğrenciler müşterek bir fiziksel olay hakkında tahminlerde bulunurlar. Her öğrenci kendi tahminin destekleyecek analizler yapar ve sınıfa sunar. Öğrenciler kendi görüşlerinin doğru olduğuna tartışarak birbirlerini ikna etmeye çalışırlar. Öğretmen bilimsel

kavramlarını kullanarak fiziksel durumu açıklar. Öğrencilere kendi görüşleriyle, yeni olanı karşılaştırma fırsatı verilir [31].

Rowell & Dowson (1985)'a göre önce öğrencilere bilimsel görüş tanıtılmalıdır. “Öğrencilerde var olan teoriler (öğrencilerin kendi teorileri) ancak daha iyi bir teori ile değiştirilmez” fikrini savunmuşlardır. Daha iyi olan teorisin getirdiği yenilikler, bilginin yapılanması için hemen eski teori ile karşılaştırılmalıdır. Öğrenciler yeni durum ile ilgili problem çözerler ve sonuçları tartışırlar. Benzer durumlar için olabildiğince problem çözümü yapılmalıdır [32].

1.1.6.6.3 Fikirlerin geliştirilmesi (Development of ideas)

Brown ve Clement (1989) orijinal ismi “Analogical Teaching Strategy” olan öğretim stratejisini ortaya koymuşlardır. Bu strateji, bilimsel görüşe yakın sezgisel inançların artırılarak, hatalı inançların azaltılmasını amaçlamıştır. Teoriye göre kavramsal değişim, öğrenciye, fiziksel bir durumun sayısal bağıntılarından çok, sezgisel ve niteliksel anlamasını kurmak için fırsat verilirse, sağlanmaktadır. Öğrenciler bilimsel görüşe, onlara sunulan “Anchoring example” arkasından yapılan “bridging strategy”(köprü strateji) ile daha kolay ulaşmaktadırlar. Öğrenci kavramları “target question”(hedef soru) ile açık hale getirilmektedir [33].

Masa üzerinde denge durumunda olan kitap açıklanırken, öğrenci eğer masa pasif olduğu için kuvvet uygulamaz ya da cansız cisimler kuvvet uygulamaz diyorsa, burada öğretmen, kitabı tutan el örneğini verir(Anchoring Example). Öğretmen “target case”(hedef durum) ile “anchor” arasındaki ilişkiyi keşfetmelerini ve analogi ilişkisini bulmalarını ister. Eğer öğrenci bunu kabul etmezse öğretmen Bridging Analogy (Köprü Analoji) kullanır [34]. (Yayın üzerine kitabı koyar ve kitap dengelendiğinde yayın sıkıştığını gösterir)

Niedderer (1987)'a göre öğrencilerin fikirlerini, bilimsel çevrelerin kabul ettiği görüşe doğru değiştirmek için aşırı çaba sarf etmek anlamsızdır. İleri sürülen bu 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 bırakılır [35].

Yapılandırmacı yaklaşımın temel alan ve yukarıda genel olarak açıklanan öğretim stratejilerinin tümünde kavram ve kavramsal değişim üzerinde durulmaktadır. Dolayısıyla kavram ve kavramsal değişimin açıklanması gerekmektedir.

1.1.7 Kavram ve Kavramsal Değişim

Kavram, benzer özellikler taşıyan olaylar, nesnelere, fikirler ya da yaygın özel davranışlara sahip diğer fenomenlerin ortak adıdır. Evrenin tanımlanmasında, bilimin düzenlenmesinde etkili olan kavramlar, aynı zamanda başka kavramların bulunması ve bu kavramlar arasındaki ilişkilerin kurulmasında da rol oynarlar [36].

Kavramsal değişim, evrendeki olguların öğrencilerin zihninde bırakmış olduğu izlenimin, bilimsel görüş ile uyumlu hale getirilmesi sürecidir [37].

Öğrenciler, yeni bir olayla karşılaştıklarında var olan kavramlarını kullanmaktadırlar. Bu kavramsal değişimin ilk fazıdır ve bu faz “özümleme” (assimilation) olarak isimlendirilir. Ancak bazı durumlarda öğrencilerin var olan kavramları, yeni olayı başarılı bir şekilde anlamasına izin vermez. Bu durumda öğrenci var olan kavramını değiştirmek ya da yeniden organize etmek ihtiyacı duyar. Bu durum da kavramsal değişimin ikinci fazı olan “yerleşme” (accomodation) fazıdır [37].

Öğrencilerdeki ön kavram, sınıfa sorulan problemi çözme kapasitesi bulundurmuyorsa yüksek olasılıkla reddedilir. Yeni kavramın problemi çözebilme potansiyeli varsa, öğrenci tarafından kabul edilme şansı yüksektir.

Kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi aşağıda verilen durumlar önemlidir.

- Var olan kavramla çatışan bir durum olmalıdır. Öğrenci var olan kavramının problemi çözemeyeceğine inanmalı, ortada bir anormallik (anomalies) olduğunun farkında olmalıdır. Bu durumdan rahatsızlık duymalıdır.
- Yeni kavram akılcı olmalıdır. Öğrenci yeni kavramın, karşılaştığı problemin çözümüne yardımcı olacağına inanmalıdır. Burada kavramın akılcı hale gelmesinde mecazlar (metafor) ve benzetmeler (analoji) kullanılabilir.
- Yeni kavramın mantıklı 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.

Posner, Strike, Hewson & Gertzog (1982)'a göre; yeni kavramın öğrencinin var olan kavramsal ekolojisine uyabilmesi için öncelikli olarak mantıklı olmalıdır. Bahsedilen kavramsal ekoloji öğrencinin var olan kavramı ve onunla ilgili zihinsel süreçler anlamına gelmektedir. Yeni kavramın akılcı ve mantıklı gözükmesi için bazı özellikler olmalıdır [37].

- Öğrenci, kendisinin sahip olduğu fikirler ve metafiziksel inançlarla yeni kavramın tutarlı olduğunu düşünmelidir.
- Yeni kavram öğrencinin bu zamana kadar öğrendiği kavram, ilke ve teorilerle tutarlı olmalıdır.
- Yeni kavram öğrencinin geçmiş deneyimleri ile tutarlı olmalıdır.
- Yeni kavram öğrencideki; “dünya nedir”, “neye benzer”, “hangi prensiplerle çalışır” gibi sorulara yanıt vermelidir.
- Öğrenci, karşılaştığı problem karşısında yeni kavramın kendisine yardım edebileceğini düşünmelidir.
- Yeni kavram akılcı, mantıklı ve problem çözümünde yardım eden gibi özelliklerinin yanında, yeni araştırmaları destekleyebilmeli, öğrenci tarafından genişletilebilmelidir.

Genellikle yeni kavramın, eski kavramı değiştirme olasılığı azdır. Ancak bu olasılık eski olanın zorluk yaşaması ile artabilir. Öğrenci kavramı akılcı, mantıklı ve kendisine problem çözümünde yardım edebilen bir kavram olarak gördüğünde eski kavramını değiştirir.

Öğrenci yeni kavramla tanışmadan önce var olan kavramı ile ilgili bir çatışma yaşamalı ve var olan kavramın yeni durum karşısında kendisine yeterli olamayacağını anlamalıdır.

Yerleşme kişinin kavramsal sistemindeki radikal değişmedir. Yerleşme, yeni kavramın özelliklerini içselleştirmek, onu çeşitli düşünsel süreçlerle ilişkili hale getirmek olarak tanımlanmaktadır (Posner ve Ark, 1982). Kavramsal ekolojinin iki önemli özelliği “yerleşmenin” (kavramsal değişimin) gerçekleşmesini sağlar.

1. Anomaliler
2. Bilgi ve bilim hakkındaki temel varsayımlar

Anomaliler öğrenci için bilişsel çatışma demektir. Bu durum öğrencinin kavramsal ekolojisini yerleşme (kavramsal değişim) için hazırlar. Ayrıca birçok öğrenci için anomaliler eski kavramdan hoşnutsuzluk duyularak yeni olanın kabul edilmesinde etkilidir [37].

1.2 Problem

İnsanlar, çağımızda bilim ve teknoloji bakımından hızlı bir değişim ve gelişim sürecine şahit olmaktadır. Bilgiye sahip olan, bunu kullanarak bilim ve teknoloji üreten toplumların ekonomik ve sosyal yönden diğer toplumların oldukça önünde oldukları bilinmektedir. Bilgiye ulaşabilen, bilim ve teknoloji üreten bir toplum olabilmenin de en önemli şartı, araştıran, sorgulayan, bilgiye ulaşma ve bilgiyi kullanma yollarını öğrenmiş bireyler yetiştirmektir. Bu anlamda ülkeler için, fen bilimleri derslerinin önemi hızla artmaktadır.

Bilgiye ulaşma yollarını bilen, bilgiyi kullanarak üretken özellik gösteren bireylerin davranışçı yaklaşımların ön gördüğü tarzda yapılan öğretim ile yetiştirilemeyeceği reddedilemez bir gerçektir. Davranışçı yaklaşım bireyi boş bir kutu olarak düşünmekte ve öğretmeni mutlak bilgi kaynağı ve aktarıcısı olarak görmektedir. Öğrenciler öğretmenin aktardıklarını kabul edip özümsemek durumunda olan bireyler olarak düşünülmektedirler. Bu düşünce çatısı altında yetiştirilen bireylerde bilgiyi kullanma ve üretme gibi özelliklerin görülmemesi son derece normal karşılanmalıdır [36].

Yapılandırmacı yaklaşım, öğretmene, bilgiye ulaşma yolunda öğrenciye kılavuzluk etme görevini yüklemektedir. Öğretmen asla bilgi aktarıcı değildir. Öğretmen yalnızca öğrencilere yeni kavram ve ilkeleri öğrenebilecekleri ortamın tasarlama görevidir. Öğretmen tasarladığı bu ortamda öğrencilerine, düşünme, sorgulama ve araştırma yapma, bilgiye ulaşma imkanı sağlamaktadır. Öğrenci bu ortamda edindiği bilgileri alır ve zihin süzgecinden geçirerek yapılandırır. Yeni durumlar üzerindeki uygulanabilirliğini araştırır ve bilgiyi kullanır [12].

Özellikle, ülkemizdeki üniversiteye giriş sınavlarındaki fen bilimleri bölümündeki soruların doğru yanıtlanma oranının hayli düşük olması davranışçı yaklaşımın fen öğretimindeki eksiklerini açıkça ortaya koymaktadır. Bunun farkında olan Milli Eğitim Bakanlığı bu günlerde lise fen müfredatının değiştirilmesi çabası içerisinde. Aynı zamanda Yüksek Öğretim Kurumundan ve Milli Eğitim Bakanlığında resmi olmamakla birlikte üniversiteye giriş sisteminin değiştirilmesi gerektiği yönünde duyumlar alınmaktadır.

2005/2006 Öğretim Yılına kadar gerçekleştirilen üniversiteye giriş sınavlarında ilköğretim ve 9. sınıf müfredatındaki konular ile ilgili sorular sorulmuştur. Bu durum okullardaki 10 ve 11. sınıf öğretimlerini olumsuz yönde etkilemiştir. Özellikle sayısal grup öğrencilerinin üniversite öğrenimi için temel olan bazı konular (örneğin fizik dersi için: yay dalgaları, su dalgaları, ışığın dalga ve tanecik modeli, atom teorileri, yüklü parçacıkların elektrik alandaki hareketi) ya işlenmemiş, ya da üzerinde çok az durularak işlenmiştir. Bu durum öğrencilerin hem lise, hem de üniversite öğrenimlerini olumsuz olarak etkilemiştir.

2005/2006 Öğretim Yılında ise Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezinin almış olduğu kararlar, tüm lise müfredat konuları sınavın kapsamı içerisine dahil edilmiştir. Bu karar ışık teorileri, atom teorileri gibi konuların üzerindeki ilgiyi doruk noktaya taşımıştır. Özellikle fen bilimleri öğrencileri Kuvvet, Newton'un Hareket Yasaları gibi somut konuların yanında, ışığın dalga ve tanecik modeli gibi soyut konuları da öğrenmek ve içselleştirmek durumunda kalmıştır.

Ayrıca 2005/2006 yılına kadar geçerli olan, ilköğretim ve 9. sınıf müfredat konularını kapsayan sınav sisteminin, eğitim araştırmacılarının yöneldikleri konuları da etkilediği görülmektedir. Literatürde, yapılandırmacı yaklaşım üzerine, yurt içi ve yurt dışında pek çok çalışma yapıldığı, yapılandırmacı yaklaşımın kavramsal değişime, öğrenci tutumlarına, öğrenci başarısına etkisinin tartışıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda ise özellikle; ısı – sıcaklık, elektrostatik, elektrik akımı, Newton'un hareket kanunları, kuvvet, basınç gibi fizik dersi konuları üzerinde durulmuştur. Belirtilen konularda çok sayıda çalışma literatürde karşımıza çıkmaktadır. Ancak ışığın dalga modeli gibi bir konuda yurt içi ve yurt dışında yok denecek kadar az çalışmaya rastlanmaktadır.

Buradan hareketle, 2005/2006 Öğretim Yılından itibaren liselerde işlenmeye başlanan ışığın dalga modeli gibi bir konunun öğrenciler tarafından öğrenilmesinde yapılandırmacı yaklaşımın ne gibi etkilerin olduğu sorusu ortaya çıkmaktadır. Araştıran, sorgulayan, bilgiye ulaşma yollarını öğrenmiş insanı hedefleyen yapılandırmacı yaklaşım, acaba ışığın dalga modeli gibi literatürde fazlaca karşılaşılmayan ancak lise ve üniversite öğrenimi için ciddi önem taşıyan bir konunun öğrenilmesinde ne derece etkilidir?

Sonuç olarak, yapılandırmacı yaklaşımın, öğrencilerin ışığın dalga modeli konusundaki kavramsal değişimleri üzerinde etkili olup olmadığı bu çalışmanın problemini oluşturmaktadır.

1.3 Amaç

Bu çalışmanın amacı; 11. sınıf öğrencilerinin Işığın Dalga Modeli konusundaki kavramsal değişimlerine, yapılandırmacı yaklaşımın etkisini incelemektir.

1.4 Araştırma Soruları

Yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği Işığın Dalga Modeli konusu öğretiminin öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır.

1. Tek yarıktaki girişim konusuna ilişkin deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasındaki fikirleri nelerdir?
2. Çift yarıktaki girişim konusuna ilişkin deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasındaki fikirleri nelerdir?
3. Çift ve tek yarıktaki girişim desenleri arasındaki farklılıklara ilişkin deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasındaki fikirleri nelerdir?
4. Işığın farklı iki saydam ortam arasındaki geçişinde yansıma ve kırılma özelliklerini bir arada göstermesi olayına ilişkin deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasındaki fikirleri nelerdir?
5. İnce zarda girişim konusuna ilişkin deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasındaki fikirleri nelerdir?
6. Hava kamasında girişim konusuna ilişkin deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasındaki fikirleri nelerdir?
7. Çözme gücü konusuna ilişkin deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasındaki fikirleri nelerdir?
8. Öğretim sonrasında, yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği deney grubu ile geleneksel yöntemin benimsendiği kontrol grubu arasında farklılık var mıdır?
9. Öğretim sonrasında ısrarla savunulan kavram yanlışları ve öğrenme eksiği yaşanan konu ya da kavramlar nelerdir?

1.5 Araştırmanın Önemi

Yapılandırmacı yaklaşım günümüzde fen öğretimi ve öğreniminde vazgeçilmez hale gelmiştir. Yurt içi ve yurt dışında pek çok çalışma yapılmış, yapılandırmacı yaklaşımın kavramsal değişime, öğrenci tutumlarına, öğrenci başarısına etkisi tartışılmıştır. Öğrencilerin ön kavramları, kavram yanlışları incelenmiştir. Özellikle fizik eğitimi ile ilgili çalışmalarda genellikle ısı sıcaklık, kuvvet, hareket, elektrik, enerji, Newton'un hareket yasaları gibi konular üzerinde durulmuştur.

2005/2006 Öğretim Yılında sınav sisteminde gerçekleşen değişimle birlikte, tüm lise müfredatının sınavın kapsamı içine alınması, öğrencilerin bunun yanında öğretmen ve eğitim araştırmacılarının dikkatlerini 10 ve 11. sınıf konuları etrafında toplamıştır. Dolayısıyla bu araştırmanın literatür açısından yeni bir konu olan Işığın Dalga Modeli Konusunu ele alması önem arz etmektedir. Çünkü, yurt içi ve yurt dışındaki birkaç çalışma dışında (kaynak taraması bölümünde verilecektir) konu ile ilgili çalışma yok denecek kadar azdır. Çalışmanın sonucunda ortaya çıkacak olan bulguların literatüre önemli bir veri kaynağı olacağı düşünülmüştür.

Aynı zamanda yürütülen öğretimin aşamalarının, güçlü ve hatta zayıf yanlarının fen öğretmenlerine ışık tutacağı, yapacakları Işığın Dalga Modeli öğretiminde onlara iyi bir veri tabanı oluşturacağı düşünülmüştür. Ayrıca çoğunlukla savunulan ön kavramların ve bunlardan hangilerinin öğretim aşamalarına direnerek kaldığı bu çalışma sonunda ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca araştırma, başlangıçta savunulmayan, ancak öğretim aşamalarında edinilen kavram yanlışlarının ne olduğu, bunların neden kaynaklandığı hatta nasıl giderilebileceği konusunda fen bilimleri öğretmenlerine bir fikir vermektedir.

1.6 Sayılılar

Araştırmanın aşağıda belirtilen sayılılara sahip olduğu düşünülmektedir.

- Araştırmada kullanılan kavramsal anlama testi öğrencilerin konuyla ilgili fikirlerini ortaya koymalarında yeterlidir.
- Ön ve son testin uygulanması aşamalarına katılan tüm öğrenciler dışarıdan herhangi bir etki olmaksızın kendi fikirlerini ortaya koymuşlardır ve o an içinde buldukları psikolojik durumları verdikleri yanıtları etkilememiştir.
- Ön ve son test uygulanması aşamalarına katılan öğrencilerin tümü, ortam koşullarından eşit şekilde etkilenmişlerdir.
- Görüşme formları öğrencilerin ışığın dalga modeli ile ilgili fikirlerini üst düzeyde incelemektedir.

1.7 Sınırlılıklar

Bu araştırma;

- 2006/2007 eğitim – öğretim yılında Balıkesir İli, Edremit İlçesi, Edremit Anadolu Lisesi, 11.sınıfta öğrenim gören 2 sınıftaki toplam 41 öğrenci ile,
- 11.sınıf müfredatından yer alan Işığın Dalga Modeli Konusu ile bu konunun bileşenleri (Çift Yarıktaki Girişim, Tek Yarıktaki Girişim, İnce Zarda Girişim, Hava Kamasında Girişim, Çözme Gücü) ile,
- Hazır bulunuşluk testi, bir kısmı literatürden elde edilen ve bir kısmı da araştırmacı tarafından ileri sürülen sorular ile oluşturulan kavramsal anlama testi, yarı yapılandırılmış görüşmeler ile sınırlandırılmıştır.

1.8 Araştırmanın Yapısı

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

- 1. Bölüm: Bu bölümde fen öğretimi ve öğreniminin önemi, öğrenme ve öğretme kuramları, yapılandırmacı yaklaşım, kavramsal değişim ile ilgili bilgiler verilmekte, ayrıca araştırmanın problemi, amacı, önemi, sayıtlıları ve sınırlılıkları açıklanmaktadır.
- 2. Bölüm: Bu bölümde araştırma ile ilgili literatür taraması yapılmıştır.
- 3. Bölüm: Bu bölümde araştırmanın yöntemi ve buna ait bileşenler (örneklem, araştırmanın modeli, veri toplama araçlarının geliştirilmesi, uygulanması ve analizi süreci) verilmiştir.
- 4. Bölüm: Bu bölümde araştırmacı tarafından deney grubuna yapılan öğretim açıklanmaktadır.
- 5. Bölüm: Bu bölüm, veri toplama araçları ile elde edilen verilerin analizinden sonra elde edilen bulguların özetlenerek yorumlandığı bölümdür.
- 6. Bölüm: Bu bölümde ise araştırmadan elde edilen sonuçlar tartışılmakta, bu sonuçlara ilişkin öneriler getirilmektedir.

2. KAYNAK TARAMASI

Bu bölümde Işığın Dalga Modeli konusu üzerine yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmaların özellikle bu araştırma için önem arz eden noktaları özetlenmiştir.

Wosilait, Heron, Shaffer, Mc Dermott (1999) yaptıkları araştırmada mezun durumda olan ve üniversiteye yeni girmiş öğrenci grupları üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada her iki gruptaki öğrencilerin de (mezun, yeni) ışığın dalga modeli konusunun öğretimini daha önce almış oldukları ancak konu ile ilgili doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları rapor edilmiştir. Öğrencilerin kavramsal değişimlerini sağlamak adına araştırma tabanlı bir öğretim yaklaşımı benimsenmiştir. Öğretim öncesi ve öğretim sonu testler uygulanarak öğrenciler değerlendirilmiştir [38].

Her öğretim aşamasında; ön test, çalışma yaprağı verilmesi, ev ödevi ve araştırma soruları gibi etkinliklere yer verilmiştir. Öğretimin her aşamasında öğrenciler işbirlikli çalışmışlardır. Dağıtılan çalışma yapraklarındaki soruları kendi aralarında tartışarak kavram hakkında fonksiyonel bir anlama kazanmaya çalışmışlardır. Her dersin sonunda son test uygulanarak öğrenciler değerlendirilmiştir [38].

Wosilait ve ark. (1999) araştırmalarına ve öğretimlerine su dalgalarında girişim ile başlamışlardır. Bunu için Şekil 2.1.(a)'da verilen soru ile ön test uygulaması yapılmıştır. Öğrencilere Şekil 2.1.(a)'da görülen soru yöneltilmiş ve öğretim öncesi sonuçlar çok zayıf olarak bulunmuştur. Üniversiteye yeni başlayan gruptaki 1200 öğrencinin sadece % 10'u, mezun durumda olan gruptaki 95 öğrencinin ise % 55'i soruya doğru cevap verebilmiştir. Bu soruda öğrencilerden Şekil 2.1.(b)'deki doğruyu çizerek yol farkını $d \sin \theta$ ile bulmaları, A, B ve C

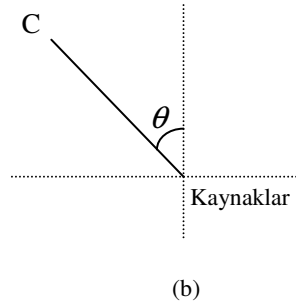
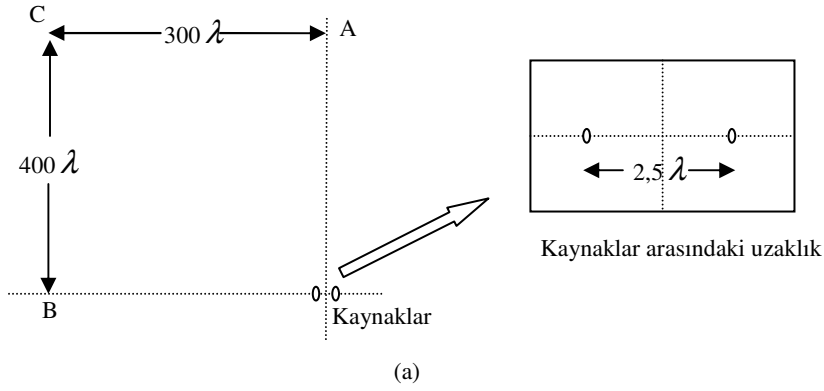
noktalarında yapıcı mı yoksa bozucu girişimin mi olacağına karar vermeleri beklenmektedir [38].

Sonuçların ışığında araştırmacılar, öğrencilerdeki ışığın dalga modeli kavramının gelişimi için bir öğretim tasarlamışlardır. Öğretim (ilk ders) dalga leğeninde titreşen (suya girip çıkan) iki nokta kaynağın oluşturduğu dairesel su dalgalarının girişimi ile başlamıştır. Öğrenciler dalga leğeninde yaptıkları deney ile bazı noktaların maksimum genlikte titreştiğinin (maksimum yapıcı girişim noktaları), bazı noktalarında titreşmediğinin farkına varmışlardır. Bu noktaların birleşimi ile düğüm çizgilerinin ve maksimum yapıcı girişim çizgilerinin oluştuğunu keşfetmişlerdir [38].

Öğrenciler, eğitimcinin rehberliğinde düğüm çizgileri üzerinde çeşitli noktalar seçerek, bu noktaların kaynaklara olan uzaklıkları farkını bulup kaydetmişlerdir. Bu kayıtlar sonunda düğüm çizgileri üzerindeki noktaların kaynaklara olan uzaklıkları farkının (yol farkı) yarım dalga boyunun tek sayı katlarına eşit olduğunu görmüşlerdir. Aynı sınamayı maksimum yapıcı girişim çizgileri için de yaparak, sonucun hep dalga boyunun tam sayı katları çıktığını keşfetmişlerdir [38].

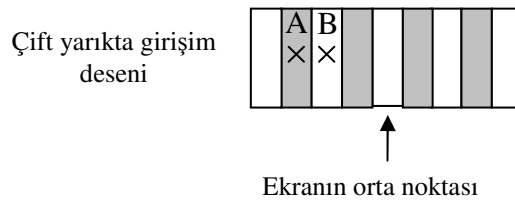
Öğretimin sonuna doğru öğrencilere ev ödevi verilmiş ve son test uygulanmıştır. Son testte 560 yeni üniversite öğrencileri grubundaki öğrencilerin %70'i soruya doğru yanıt vermiştir. Mezun durumdaki öğrencilere son test uygulanmamaktadır. Buradaki amaç öğretime katılan üniversite yeni giriş yapmış öğrencilerinin, mezun durumdaki öğrencilerle kıyaslanmasıdır [38].

Bir sonraki derste, aynı deney dalga leğeninde su içine batıp çıkan iki noktasal kaynak ile değil de, bu kez dar iki yarık ile yapılmıştır. Dar iki yarıktan kırınımına uğrayan dalgaların birbiri içinde girişim yaparak, düğüm çizgileri ve maksimum yapıcı girişim çizgilerini oluşturdukları öğrencilere gösterilmiştir. Buradaki amaç, bu deneyden ışığın çift yarıktan girişimine geçiş yapmaktır [38].



Şekil 2.1.(a): Wosailait, Heron, Shaffer, Mc Dermott (1999)' un su dalgalarında girişim konusu ile ilgili yaptıkları öğretim öncesinde kullandıkları ön test sorusu, (b) Öğrencilerin soruyu yanıtlarken izlemesi gereken yöntem

Bir sonraki derste öğrencilere ışığın çift yarıқта girişimi ile ilgili bir ön test uygulanmıştır.



Şekil 2.2: Öğrencilere çift yarıқта girişim ve çoklu yarıқта girişim konuları öğretimi öncesinde uygulanan ön testte yer alan soruya aittir. Wosailait, Heron, Shaffer, Mc Dermott (1999)'dan alınmıştır.

Öğrencilere Şekil 2.2'de görülen girişim deseni verilmiş ve soldaki yarıkt kapatıldığında ne olacağı sorulmuştur. Soruya 600 yeni öğrencinin, %20-%40'ı doğru yanıt vermiştir. Yüzdelerin belli bir aralıkta çıkmasının sebebi; testin farklı

zamanlarda farklı öğrenci gruplarına uygulanması olarak açıklanmıştır. 50 mezun öğrenciden % 55'i soruya doğru yanıt verebilmiş, öğrencilerin ancak %25'i tek yarıktaki girişim deseninin elde edileceğini belirtebilmiştir [38].

Araştırmacılar tarafından, öğrencilere dar yarığın her noktasının kaynak gibi davrandığı fikrini verebilmek için öğretim planlanmıştır. Öğrencilere, ışığın girişim desenindeki karanlık bölgelerin; su dalgalarında girişim deseninde bulunan düğüm çizgilerine, aydınlık bölgelerin ise maksimum yapıcı girişim çizgilerine karşılık geldiği açıklanmaya çalışılmıştır. Kısacası öğretim, öğrencilerin, dalga leğeni girip çıkan iki nokta kaynak ile ışık önüne konan çift yarık arasında bir benzeştirme yapmalarını amaçlamıştır. Ancak doğal olarak sadece bu öğretim, ön testteki sorunun yanıtlanmasında yeterli değildir. Yarıklardan biri kapandığında oluşan desenin tek yarıktaki girişim deseni olacağı konusunda öğrencilerin ikna edilmesi gerekmektedir. Ön testten çıkan bazı sonuçlar; bazı öğrencilerin geometrik ve fizik optiği birleştirerek hibrit bir kavram oluşturduklarını, aydınlıkları geometrik optik ile karanlıkları ise fizik optikle açıkladıklarını göstermiştir. Ayrıca yine bazı öğrenciler konuyu daha önce görmüş olmalarına rağmen yarıklardan biri kapatıldığında ekrandaki girişim deseninin, kapatılan kaynak tarafındaki kısmının (girişim deseninin yarısının) kaybolacağını düşünmektedirler. Bu anlamda öncelikle çift yarık öğretiminin yapılması, ardından çoklu yarık öğretimine geçilmesi uygun görülmüştür [38].

Bir sonraki derste, öğrencilerden çift yarıktaki girişim konusundaki geliştirdikleri dalga modelini N (ikiden fazla) yarık için genişletmeleri beklenmektedir. Bu bölümde öğrencilere gerekli matematiksel işlemler ve sinüsel dalgalar hakkında bilgi verilmiştir. Öğrencilere, kaynakların yanına yine aynı uzaklıkta üçüncü bir kaynak eklenirse, Şekil 2.2'de verilen maksimum şiddetteki B ile minimum şiddetteki A noktalarında bir değişim olup olmayacağı sorulmuştur [38].

Sorunun yanıtı yol uzunluğu farkı bilgisi ve süperpozisyon kavramı hakkında bilgi gerektirmektedir. Beklenen yanıt A noktası için bir değişim olmayacağı, B noktasının da 3.kaynak eklendiğinde diğer kaynaklar ile aynı fazda olduğundan hala

maksimumum yapıcı girişim çizgisi üzerinde bulunacağıdır. Ancak, yalnızca öğrencilerin; % 10'u doğru yanıt verirken (hem A hem de B için), % 55'i de hem A hem de B de değişim olacağını yanıtını vermişlerdir. Öğrencilerin çoğunda “kaynak sayısı değişirse, girişim deseni de değişir” düşüncesi bulunmuştur. Çoklu yarıқта süperpozisyon ilkesi girişimin açıklanabilmesi adına öğretim planlanmıştır. Öğrenciler yine işbirlikli çalışarak üç yarık için maksimumların aynen kalacağını, ancak bu kez ardışık iki maksimum arasına iki minimum çizgisi gireceğini keşfetmişlerdir. N yarık için N-1 minimum çizgisi genellemesine ulaşılmıştır. Arkasından araştırmacılar üçüncü yarığı $d/2$ kadar uzağa koyarak öğretimlerine devam etmişlerdir. Araştırmacıların çalışmalarındaki niyeti çoklu yarıktan, tek yarıқта girişimin açıklanmasında gerek duyulan Huygens Prensipliğini açıklamaktır. Tek yarığa ait noktaları, “yan yana dizilmiş sonsuz yarık” şeklinde açıklamaya çalışmışlardır. Tek yarıқта kırınım öğretimi için ön test yapılmış, merkezi aydınlığın kalın oluşunun sebebi sorulmuş, aynı zamanda öğrencilere kırınımın gerçekleşmesi için yarık genişliği ile dalga boyu ilişkisinin nasıl olması gerektiği sorulmuştur. Her iki soru içinde doğru yanıtı 510 yeni öğrenciden sadece % 25'i, 95 mezun öğrenciden % 60'ı verebilmiştir. Tek yarıkla ilgili öğretim tasarlanmış, önce iki yarık, arkasından üç yarık ve en son olarak da tek yarıқта sonsuz kaynak ilişkisi kurulmuştur. Öğretimin sonunda üniversiteye yeni girmiş durumda olan öğrencilerin % 80'i her iki soru için doğru yanıt vermişlerdir [38].

Çalışma sonuç olarak; öğretim öncesinde, birçok öğrencinin ışığın dalga modeli konusunu öğrenmiş olsalar da girişim ve kırınım olaylarını açıklamakta kullanacakları mantıklı bir model geliştiremediklerini ortaya koymuştur. Öğrenciler girişim ve kırınım olaylarını açıklamakta zorluk yaşamaktadırlar. Öğretimin bu zorluklara hitap edecek şekilde tasarlanmadığı durumda, yeni öğrenmelerin (maddenin doğası, ışığın tanecik modeli ve foton gibi konuların) önünde ısrarlı bir şekilde duracağı belirtilmiştir. Yapılan değerlendirmelere göre, araştırmada yapılan öğretimlerin iyi çalıştığı öğrencilerdeki kavramsal değişimi büyük oranda sağladığı belirtilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; öğrenciler, yeni bir kavramın uygulamalarının olduğu bir durum hakkında basamaklar halinde sonuç çıkarmaya teşvik edilirlse, zor bir bilgiyi bile rahatlıkla anlayabilmektedirler. Araştırma tabanlı öğretim yaklaşımı; öğrencilerin fiziği daha anlamlı hale getirerek, girişim ve

kırınım gibi soyut ve anlaması zor olan konularda bile mantıklı bir model geliştirmelerine yardımcı olmuştur [38].

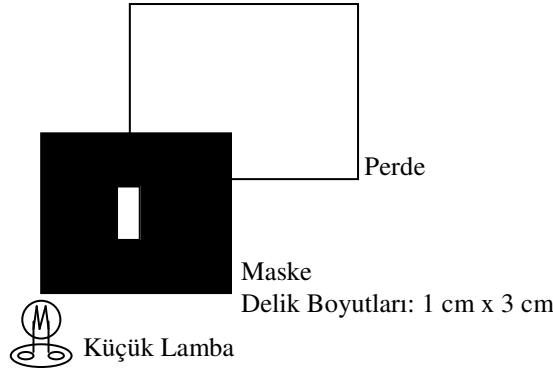
Ambrose, Shaffer, Steinberg ve McDermott (1999), yaptıkları çalışmada, ileri düzeyde ve yeni üniversite öğrencilerinin çift ve tek yarıta girişim desenini açıklamak için kullandıkları modelleri ortaya çıkarmışlardır. Araştırma; öğrencilerin ışığın dalga ve tanecik modeli konusundaki kavram yanlışlarını ortaya çıkarmakta ve bu kavram yanlışlarını kategorize ederek okuyucuya sunmaktadır. Bu araştırma, Wosilait, Heron, Shaffer, Mc Dermott (1999)'ın çalışmaları ile aynı olmakla birlikte, farklı olarak öğretim öncesindeki kavram yanlışları üzerinde durmaktadır. Araştırma, standart test sorularının en zor olanlarını çözebilen öğrencilerin bile, geometrik ve fizik optik modellerini ilişkilendirmekte güçlük yaşadıklarını göstermiştir. İşlem tabanlı başlangıç kursunu tamamlayan öğrencilerin “ışığın dalga modeli” konusuna ait kavramsal anlamalarında eksikler olduğu açıklanmaktadır. Ayrıca ileri düzey kurslarındaki öğrencilerde, foton ve madde dalgaları konusunda yanlış inanışlar bulunduğu rapor edilmiştir [39].

Çalışma Washington Üniversitesinde yürütülmüştür. Öğrenciler, seviyelerine göre işlem tabanlı kursa ya da modern fizik kursuna alınmışlardır. Çalışma aynı zamanda cebir tabanlı ve düşük düzeyde kuantum mekaniği kurslarını içermektedir. Tüm fizik bölümü öğrencileri işlem tabanlı kursa katılmışlar ve kursa tüm katılan öğrencilerin %5'ini oluşturmuşlardır. Kursa katılanların çoğu mühendislik, matematik, diğer bilim dallarındandır. Buna karşılık modern fizik kursuna katılan öğrencilerin yarısını fizik bölümü öğrencileri oluşturmaktadır [39].

Başlangıç kursunda öğrencilere ışığın doğrusal yolla yayıldığı fikri verilmeye çalışılmıştır. Öğrenciler yansıma ve kırılmayı öğrenmişler bunlar ile ilgili problem çözümü yapmışlardır. Ayrıca bu kursta öğrencilere ışığın enine elektromagnetik dalga şeklinde uzayda yayıldığı açıklanmıştır. Ayrıca başlangıç kursu öğrencilerine kırınım, girişim ve polarizasyon konuları öğretimi yapılmıştır [39].

Modern fizik kursunda ilk olarak ışığın dalga modeli üzerinde durulmuş, ışığın girişimi, ışığın kırınımı ve madde dalgaları öğretimi yapılmıştır. Öğrencilere fotoelektrik olay gösterilmiş, ışığın çift karakterli davrandığı vurgulanmıştır.

Çalışmadaki veri toplama araçları öğrenci görüşmeleri ve öğrencilere yöneltilen sorulardır. Başlangıç ve modern fizik kurslarından 46 (16 başlangıç kursundan, 30 modern fizik kursundan öğrenci) öğrenci ile görüşme yapılmıştır.



Şekil 2.3: Ön görüşmelerde öğrencilere yöneltilen soru. Ambrose, Shaffer, Steinberg ve McDermott (1999)' dan alınmıştır.

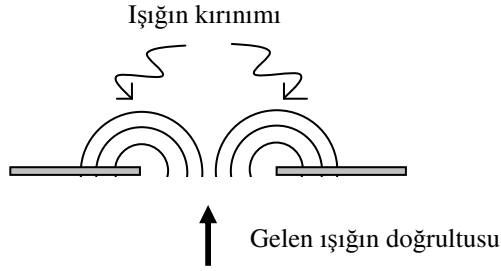
Öğrencilere Şekil 2.3'de görülen düzenek gösterilmiş, bunun ile ilgili sorular sorulmuştur. Öğrencilere, yarığın boyutlarının 1 cm – 3 cm değerleri için, lamba yakıldığında ekranda nasıl görünüm oluşacağı sorulmuştur. İkinci soru, ışık kaynağı uzaklaştırılırsa ekran üzerinde nasıl bir değişiklik olacağıdır. Son soru olan üçüncü soru da aralık sürekli olarak daraltılıp çok küçük hale getirildiğinde perde üzerinde nasıl bir görünümün olacağıdır. Bunun yanında öğrencilere çift yarık, foton ve madde dalgaları hakkında da sorular yöneltilmiştir. Ayrıca modern fizik öğrencilerine kuantum mekaniği ve elektron kırınımı ve girişimi gibi konularda da sorular yöneltilmiştir. İlk soruya verilecek doğru yanıt, perde üzerinde aydınlık bir leke oluşacağıdır. İkinci soruda ışık kaynağı uzaklaştırılırsa, yarığa gelen ışınların aşağı yukarı birbirlerine paralel olacağı ve yarık boyunda bir aydınlık bölge oluşacağıdır. Son soruda ise yarık çok dar hale getirildiğinde perde üzerinde tek yarıktaki girişim deseninin oluşacağıdır [39].

Çalışmada öğrencilerin yaşadıkları zorluklar kategorilere ayrılmıştır.

1. Geometrik ve fizik optiğin yanlış uygulanması
2. Dalga modeline ait niteliksel bir anlamının olmaması
3. Modern fizik kavramları ile ilgili yanlışlar

1. Geometrik ve Fizik Optiğin Yanlış Uygulanması

Öğrencilerde görüldüğü rapor edilen sorunlardan biri, geometrik ve fizik optiğin uygulamalarında güçlük yaşanmasıdır. Öğrenciler, iki modeli birleştirerek hibrit model oluşturmuşlardır. Öğrencilerden bazıları desen üzerindeki aydınlıkları geometrik optikle, karanlıkları ise fizik optikle açıklamışlardır. Yanlış inanışlardan biri de yarığın iki ucunun bir nokta kaynak gibi düşünülmesidir. Öğrenciler gelen ışığın yarığın uçların da bükülerek kırınım deseninin oluşacağını belirtmişlerdir. Şekil 2.4’de görülmektedir. Ayrıca yarık dikdörtgen olsa da, ışık kaynağı uzaktayken aydınlık lekenin dairesel olacağını düşünen öğrenciler bulunmaktadır [39].

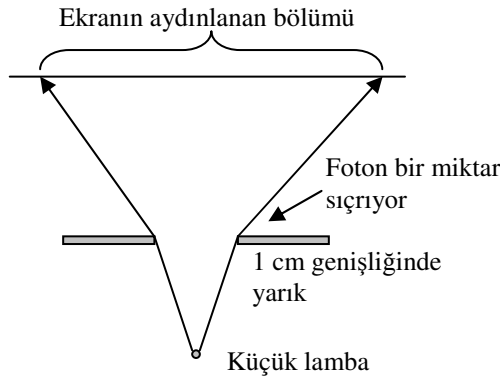


Şekil 2.4: Öğrencilerin ışığın tek yarıқта kırınımı açıklarken kullandıkları model. (Ambrose, Shaffer, Steinberg ve McDermott (1999)’ dan alınmıştır.)

410 başlangıç kursu öğrencisine “yarığın yarısı kapatılırsa merkezi aydınlık saçığının genişliğine ne olur” diye sorulmuştur. Burada öğrencilerin %20’sinin yanıtı, yarığın daraltılmasının, merkezi aydınlık saçığının genişliğini de azaltacağı olmuştur. %10’u aynı kalacağını söylemiştir. Modern fizik kursu öğrencilerinin (95 öğrenci) %90’ı soruya doğru yanıt vermişlerdir [39].

Kimi öğrenciler, deseni açıklamak için melez model kullanmaktadır. Öğrenciler yarığın merkezi için geometrik optiği, yarığın uç kısımları için ise fizik optiği kullanmaktadırlar. Yarık merkezine gelen ışığın yolunu gösterirken, perdeye düzgün çizgiler çizmiş, yarık uçlarındaki ışık içinse dairesel dalgalar çizmişlerdir. Bu öğrenciler kırınım olayının yarığın uçlarında gerçekleştiğini düşünmektedir. Yarığın tüm noktalarını ışık kaynağı olarak düşünmemektedirler [39].

Bazı öğrenciler, merkezi aydınlık saçığın geometrik optik kuralları çerçevesinde oluştuğunu düşünmektedirler. Görüşmeler, öğrencileri merkezi aydınlık saçığın yarığın merkezindeki ışığa bağlı olduğunu düşündüğünü açığa çıkarmıştır. Başlangıç kursu öğrencilerinden biri; yarığın orta bölgesine gelen ışığın kırılmadan geçeceğini ve diğer kalan kısmının uçlarda kırılmaya uğrayacağını söylemiştir. Yanlış inanışlardan biri de Şekil 2.5’de görüldüğü gibi, girişim deseninin uçlara vuran ışıklardan kaynaklandığı düşüncesidir. Benzer düşünen öğrencilerin çoğu da ışığın yarık uçlarından sızdığını düşünmektedir [39].



Şekil 2.5: Modern fizik sınıfındaki öğrencinin, dar yarıktaki fotonun yarığın kenarlarında sızma yapacağı şeklindeki düşüncesini açıklarken kullandığı çizim. (Ambrose, Shaffer, Steinberg ve McDermott (1999)’ dan alınmıştır.)

Modern fizik kursundaki öğrencilerden bazıları da Huygens prensibini uygularken, yarığın tüm noktalarını göstermişler fakat dairesel dalgaları sadece yarık uçlarındaki iki kaynak için göstermişlerdir.(Şekil 2.4’de görülmektedir). Bu öğrenciler tek yarıktaki girişim desenini yarığın uçlarındaki iki kaynağın girişimi ile açıklamaktadırlar. Başka bir modern fizik kursu öğrencisi bunu bir adım daha ileri götürerek, olayı aralarında d kadar uzaklık bulunan çift yarık gibi düşünmüş ve $d \sin \theta = m\lambda$ ($m= 0, 1, 2, 3, \dots$) bağıntısı ile aydınlık saçakları açıklamaya

çalışmıştır. Bu öğrenci girişim ve kırınım formüllerini birbirine karıştırmaktadır [39].

Öğrencilere çift yarıқта girişim deseni verilmiş ve yarıklardan birisi kapatılırsa ne olacağı sorulmuştur. Öğrencilerden bazıları desenin aynen kalacağını, tek yarığın her noktasının girişimi ile aynı desenin oluşturulacağını söylemişlerdir. Bazıları desenin aynen kalacağını ancak daha sönük saçaklar elde edileceğini söylemişlerdir. Kimi öğrenciler ise yarıklardan biri kapatıldığında girişim deseninin yarısının kaybolacağını düşünmektedirler [39].

2. Dalga modeline ait niteliksel bir anlamının olmaması

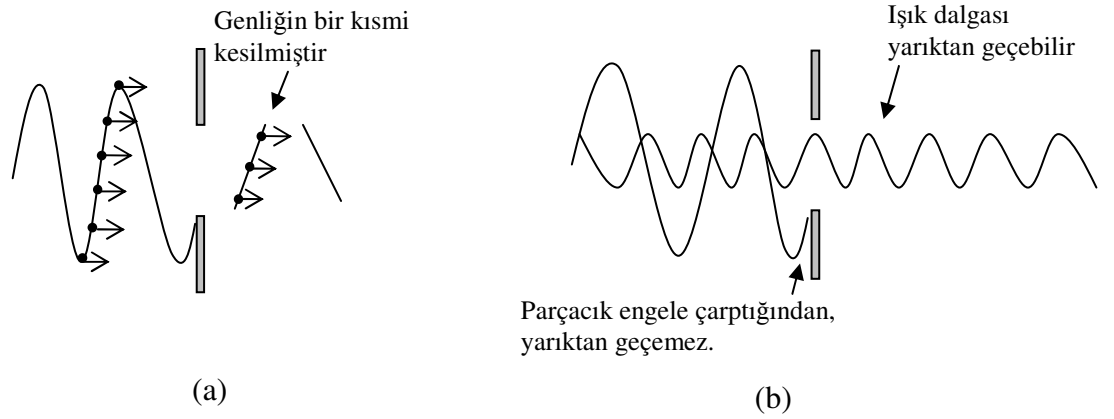
Yanlış inançlardan biri de ışığın dalga boyu yarık genişliğinden büyükse ekrana hiç ışık düşmeyeceğidir. Işığın yarığa sığmayacağı düşünülmektedir. Öğrencilerin bazıları da kırınımın ancak yarık genişliği dalga boyundan küçükse gerçekleşebileceğini düşünmektedirler. Onlara göre yarık genişliği dalga boyundan büyükse artık geometrik optik kullanılmalıdır. Bazıları da ışık dalgasının genliğinin yarığa sığması gerektiğini vurgulamıştır [39].

Öğrencilerden bazıları yol farkını yanlış kullanmaktadır. Örneğin Şekil 10(a)'da görülen B noktasının kaynaklara uzaklığı olan 300λ 'nın, dalga boyunun tam katı olduğu söylenerek; "bu B noktasında bir maksimum yapıcı girişim vardır" söyleminde bulunulmuştur. Öğrenciler yol farkı yerine, B noktasının, kaynaklardan herhangi birine ya da kaynakları birleştiren doğrunun orta noktasına uzaklığını kullanmaktadırlar. Yine ilgi çekici olarak; öğrencilerden bazıları, çok uzun mesafeler için yol farkının ihmal edilebilecek derecede küçüleceğini düşünmektedirler. Bu öğrenciler yol farkının, yarıklar düzleminden çok uzak noktalar için bile dalga boyundan çok büyük olabileceğini düşünememektedirler [39].

3. Modern fizik kavramları ile ilgili yanlışlar

Öğrencilerdeki kavram yanlışlarının rapor edildiği çalışmadaki bu bölüm yalnız modern fizik sınıfına aittir.

Öğrenciler fotonun doğrular halinde ilerlerken yarık uçlarında bükülmeye uğradığını düşünmektedirler. Işığın davranışını açıklarken, doğrular halinde hareket eden nokta parçacıklardan bahsetmektedirler. Onlara göre yarığa gelen bu noktalar dairesel olarak saçılırlar. İlginç yanlış inanışlardan biri de fotonun sinüsel dalgalar halinde hareket ettiğidir [39].



Şekil 2.6.(a): Fotonun sinüsel dalgalar şeklinde yayıldığını, yarıktan geçerken genliğin bir kısmının kesileceğini ön gören öğrenci fikri, (b): Öğrencinin polarizasyonu açıklarken kullandığı model

Öğrenci, Şekil 2.6.(a)'da görüldüğü gibi fotonun gelerek yarık düzlemine çarpıp kalacağını yarıktan geçemeyeceğini düşünmektedir. Aynı zamanda dalga üzerinde küçük parçacıklar çizmiş bunları foton olarak değerlendirmiştir. Yarıktan geçerken, dalganın bir miktarının kesileceğini, yarıktan bu kesilen kısmının geçeceğini ve dalganın diğer kısmının yarıktan kalacağını açıklamıştır. Öğrencilerden biri, polarizasyonu açıklarken, Şekil 2.6.(b)'de görüldüğü gibi, genliği yarığa sığan ışığın yarıktan geçebileceğini ancak, genliği yarığa sığmayan ışığın geçemeyeceğini belirtmiştir.

Hubber (2006) tarafından yapılan araştırmada, üç yıl süre ile altı ortaokul öğrencisinin optik ile ilgili kavramsal anlamaları incelenmiştir. İlk iki yılda, kırılma, yansıma gibi geometrik optik konuları öğretilmiştir. Üçüncü yılda ise fizik optik ve kuantum fiziği üzerinde durulmuştur [40].

Çalışmada, 12 yaş grubu öğrencilerinin (üçüncü yıl) ışığın doğası hakkındaki zihinsel modelleri ortaya çıkarılmış ve bunlar dikkate alınarak bir öğretim yapılmıştır. Araştırmacılar, hem araştırmacı hem de öğretmen rolünü üstlenmişlerdir. Üç yıl süren araştırmanın, öğretim aşamalarında yapılandırıcı yaklaşım benimsenmiştir. Öğrenciler öğretim süresince, bireysel ve grup olarak çalışmışlardır [40].

Çalışmanın amacının öğrencilerin geometrik ve fizik optik konusundaki anlamalarını ayrıca kavramsal anlamayı gerçekleştirecek farklı öğretim stratejilerini keşfetmek olduğu rapor edilmiştir. Araştırmacılar iki alt probleme yanıt aramaktadır.

1. Öğrencilerin ışığın doğası hakkındaki zihinsel modelleri nelerdir? Yapılan öğretim ile bunlar nasıl değişmiştir?
2. Optik konusundaki kavramsal anlama sürecinde, bütün öğrenciler aynı zihinsel modellere mi sahiptir?

Öğrencilerin zihinsel modellerinin keşfedilmesi sürecinde veri toplama araçları olarak yarı yapılandırılmış görüşmeler ve iki adet anket kullanılmıştır. Sınıf gözlemleri araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir. 12 yaş grubu öğretiminden 19 hafta önce ilk görüşmeler yapılmıştır. Öğrencilerin ilk iki yıla ait zihinsel modelleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. İlk görüşmeden çıkan duruma binaen bir anket hazırlanmış ve öğretime 7 hafta kala (ilk görüşmeden 12 hafta sonra) uygulanmıştır [40].

İkinci görüşmeler öğretime 1 hafta kala yapılmıştır. Bu görüşmelerde öğrencilere ışığın doğası hakkında sorular sorulmuştur. İkinci anket öğretim sırasında uygulanmış ve öğretim sona erdikten 4 hafta sonra son görüşmeler yapılmıştır [40].

12 yaş öğretimi; 14 kişilik sınıfta yürütülmüştür. Bunlardan 6 öğrenci yarı yapılandırılmış görüşmelere ve anketlere katılırken, diğerleri sadece anketlere ve sınıf içi etkinliklere katılmışlardır. Öğretimin ilk aşaması, öğrencilerin geometrik optik kavramlarını içeren ankete verdikleri yanıtların ve sahip oldukları zihinsel modellerin tartışılarak açık hale getirilmesi ile başlamıştır. Ayrıca “model nedir?”, “bilim öğrenmede ve üretmede modellerin kullanımı niçin önemlidir?” gibi sorular tartışılmıştır. Öğretim sürecinde optik konusu ile ilgili farklı modellerde öğrenci modelleri ile tartışılarak değerlendirilmiştir. Üçüncü yıldaki öğretim aşamasında öğrenciler yeni olarak kırınım, girişim ve fotoelektrik olay ile karşılaşmışlardır. Öğretim aşamalarında, var olan zihinsel modellerinden, bilimsel modellere doğru değişimleri için öğrencilere fırsat verilmiştir [40].

Çalışmada, bulgular bölümünün ilk kısmını ilk görüşmeler sonucunda ortaya çıkarılan zihinsel modeller oluşturmaktadır. İlk görüşme sonuçlarına göre; öğrencilerde bulunan zihinsel modeller; *dalga modelini içeren standart ışın modeli (a)*, *ışın demeti modeli (b)* ve *tanecikli ışın modeli (c)* olmak üzere üç kategoride toplanmıştır [40].

(a) Dalga modelini içeren standart ışın modeline sahip öğrencilerden bazıları, ışığın parlak cisim üzerindeki bir noktadan dairesel su dalgaları şeklinde yayıldığını, ışınların ise bu dalgaların yayılma yönünü gösteren doğrusal çizgiler olduğu fikrine sahiptir. Yine bu gruptaki öğrencilerden bazıları ışığın değişik ortamlardaki geçişlerinde yön değiştirmesi olayını, dalganın bir tarafının yoğun ortama çarparak yavaşlaması şeklinde açıklamaktadırlar. Farklı renkteki ışığın farklı dalga boyuna sahip olduğunu belirtmişlerdir.

(b) Bu modele sahip öğrenciler ışığın parlak cisimden çıkarak ince oklar şeklinde yayıldığını düşünmektedirler. Işığın değişik saydam ortamlardaki hareketinde yön değiştirmesi olayını, ışının bir kısmının yoğun ortama girip yavaşlaması ve bu esnada az yoğun ortamda ışının diğer parçasının hızlı hareket etmeye devam etmesi olarak açıklamışlardır.

(c) Parçacıklı ışın modeline sahip öğrenciler, ışığın yayılmasını parçacıkların parlak cisimden her yöne yayılması olarak açıklamaktadırlar. Bu öğrenciler ışığın kırılması olayını “parçacığın bir kısmı yoğun sıvıya geldiğinde yavaşlar, diğer kısmı hızlı hareket ettiğinden parçacık bükülür” cümlesi ile açıklamışlardır.

Uygulanan anket ve bunun sonuçlarına göre hazırlanan ikinci görüşmede, öğrencilerin ışığın doğası hakkındaki fikirleri araştırılmıştır. Öğrencilere “ışık, ışık kaynağından her yöne doğru yayılır”, “ışık kaynağı üzerindeki her nokta her yönde ışık yayar”, “ışık havadan cama girdiğinde yavaşlar ve kırılır”, “beyaz ışığın farklı renkteki ışıklardan oluşur” gibi fiziksel olaylar verilerek bunları açıklamaları istenmiştir. Öğrenciler, *dalga modelini içeren standart ışın modeli*, *ışın demeti modeli* ve *tanecikli ışın modeli* kullanarak açıklamaya çalışmışlardır.

Öğretim sonunda beş öğrenci foton kavramının; hem parçacık hem de dalga karakteri gösterdiği modeli kurmayı başarmışlardır. Bu öğrenciler ışığın bazı durumlarını dalga, bazı durumlarını da parçacık karakteri ile açıklayarak melez bir model kurmuşlardır. Önceleri “ışınların” ışığın bir elemanı olduğunu düşünürken, biri haricinde tüm öğrenciler, ışınların ışığın doğusal yayılmasını ve farklı ortamlar arası geçişlerde yön değiştirmesini açıklamak için kullanılan bir araç olduğu fikrini kazanmışlardır [40].

Öğrenciler ile yapılan son görüşmede, öğrencilere yine fiziksel olaylar sorulmuş (renk, kırılma, fotoelektrik olay, kırınım, v.b) bunları hangi modeli kullanarak açıkladıkları (parçacık ya da dalga) ortaya çıkarılmıştır [40].

Sonuç olarak öğrencilerin ışığın doğası hakkındaki fikirlerinin değiştiği belirtilmiştir. 9 ve 10 yaş öğretiminden sonra öğrencilerde, ışınların ışığın bir elemanı olduğu izlenimi uyanmıştır. Bu durum ise bilimsel modelle çatışmaktadır. 12 yaş öğretimi başlarında beş öğrenci “ışın” kavramı konusunda bilimsel modele doğru değişim göstermiştir. Öğretim sonunda ise bir öğrenci; “ışın” kavramını ışığın bir elemanı olarak algılayan modeli benimsemekte ısrar etmiştir. Bunun sebebi olarak da; kültürel bazı anlamalar, güneşin günlük hayattaki çizimi, günlük hayattaki konuşmalar öne sürülmüştür [40].

Çalışma sonuçlarından biride öğrencilerin “foton” kavramı konusunda fikirlerinin değiştirmeleridir. Bir öğrenci haricinde tüm öğrenciler melez model geliştirmişlerdir. Çalışma, sonuçlarını Ambrose ve ark. (1999)’ ya dayandırmaktadır ve onunla uyum içinde olduğunu belirtmektedir. Foton kavramı söz konusu olduğunda melez modeli kullanımının sakıncası olmamakla birlikte, ışığı dalga modeli söz konusu olduğunda melez modelin kullanımı bilimsel görüş ile çelişebilmektedir. Örneğin iki öğrenci çok sayıda parçacığın birlikte dalga etkisi yaptığını söylemiştir. Ancak genel bir değerlendirme yapılacak olursa öğrencilerin tümü kırınımı dalga modeli ile, fotoelektrik olayı ile tanecik modeli ile açıklamışlardır. Ancak beş öğrencinin geliştirdiği melez model istendik bir durum değildir. Bilimsel görüş, tanecik ve dalga modellerinin tümüyle farklı fikirler olduğunu ve ayrı incelenmesi gerektiğini söylemektedir [40].

Öğretim öncesinde, öğretim sırasında ve öğretim sonrasında öğrencilere ışığın doğası hakkındaki fikirleri sorulmuştur. Öğrencilerin tümünün geometrik optik konusundaki fikirleri bilimsel görüşe doğru değişim göstermiştir. Ancak özellikle “ışın” kavramının “ışığın elemanı” olarak görülmesi fikri 12 yaş öğretimine kadar ısrarla savunulmuştur. 12 yaş öğretimi başlarında beş öğrenci bu fikirlerini bilimsel görüşe doğru değiştirirken, bir öğrenci bu fikri savunmaya devam etmiştir [40].

Colin ve Viennot (2001) yaptıkları çalışmada Paris Üniversitesi Fizik Bölümünde 3.sınıfta öğrenim gören daha önce ışığın dalga ve tanecik modellerinin öğretimini almış öğrencilerin bu iki modeli bir biri ile ilişkilendirmekte zorluk yaşadıkları sonucuna varmışlardır. Çalışmada öğrencilere üç farklı problem verilmiş ve bu problemi çözmeleri istenmiştir. Bu problemlerden birinde, öğrencilere ince kenarlı mercek ve bunun önünde gerçek bir cisim verilmiş ve ekran üzerindeki görüntüyü çizmeleri istenmiştir. Aynı problemin ikinci kısmında ise çift yarık düzeneğine ışık düşürülmüş ve çift yarığın önüne bir mercek konulmuştur. Öğrencilere perde de nasıl bir görünüm oluşacağı sorulmuştur. Bu çalışmada genel olarak ışığın dalga ve tanecik modeli öğretimini almış öğrencilerin bu iki modeli ilişkilendirebilme düzeyleri sayısal veriler ile ortaya konulmuştur [41].

3. YÖNTEM

Bu bölümde sırası ile araştırma modeli, evren ve örneklem, veri toplama araçları, geliştirilmesi ve verilerin analizi alt bölümlerine yer verilmiştir.

3.1 Araştırma Modeli

Araştırma tarama modeli türlerinden biri olan, örnek olay tarama modelinde ve ön test son test kontrol gruplu, nitel ve yarı deneysel bir çalışmadır.

Örnek olay çalışması; güncel bir olguyu kendi yaşam çerçevesi (içeriği) içince çalışan, olgu ve içinde bulunduğu içerik arasındaki sınırların kesin hatları ile belirgin olmadığı ve birden fazla kanıt veya veri kaynağının mevcut olduğu durumlarda kullanılan, görgül bir araştırma yöntemidir [42].

Araştırmanın amacı doğrultusunda öğrencilerin Işığın Dalga Modeli konusundaki kavramsal değişimleri, kavramsal değişim üzerinde yapılandırmacı yaklaşımın etkileri derinlemesine inceleneceğinden dolayı örnek olay tarama modeli araştırma için uygun görülmüştür.

Yarı deneysel yöntem, kontrol ve deney gruplarının rasgele seçiminin mümkün olmadığı durumlarda, şartların gerektirdiği veya çalışmanın yapılabileceği bireylerin ulaşılabilenler olarak belirlenip bir olgu veya etkenin incelenerek değişkenler arasında neden sonuç ilişkisinin tespit edilmesinde ve sonuçların karşılaştırılmasında kullanılan bir yöntemdir [43].

Deney ve kontrol gruplarının öğretim öncesindeki hazır bulunuşluklarının eşit olması, araştırma için önem taşımaktadır. Deney ve kontrol gruplarının rasgele seçimi mümkün olmadığından çalışma yarı deneyseldir.

3.2 Evren ve Örneklem

Nitel araştırmada amaç genelleme yapmak değil, bir durumu tüm detay özellikleri ile derinlemesine betimleyebilmektir [42]. Çalışma, nitel araştırma olduğundan evren tanımlanmamıştır.

Araştırmanın rneklemine ise, 2006-2007 eğitim ğretim yılında, Balıkesir İli, Edremit İlçesi, Edremit Anadolu Lise'sinde iki farklı 11. sınıf şubesinde öğrenim gören toplam 41 ğrenci oluşturmaktadır.

3.2.1 Kontrol ve Deney Gruplarının Belirlenmesi

Edremit Anadolu Lise'sinde araştırmanın uygulanması için uzlaşılan fizik öğretmeninin okuttuğu iki 11. sınıf fen şubesi bulunmaktadır. Bu iki şubeye önceden geliştirilen ve deneme çalışması tamamlanmış olan HBT uygulanmıştır. Yapılan istatistiksel incelemeler sonucunda gruplar arasında anlamlı bir fark ortaya çıkmamıştır. Bu yüzden rasgele, 11 Fen D şubesi deney grubu, 11 Fen A şubesi kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Deney grubu olarak belirlenen 11 Fen D şubesinde 12 erkek, 9 kız ğrenci, kontrol grubu olarak belirlenen 11 Fen A şubesinde 11 erkek, 9 kız ğrenci bulunmaktadır.

3.3 Veri Toplama Araçları ve Geliştirilmesi

Görüşme, gözlem ve doküman analizi nitel araştırmalarda en popüler veri toplama araçlarıdır [42]. Araştırmada hazır bulunuşluk testi, kavramsal anlama testi, yarı yapılandırılmış görüşmeler ve doküman analizi olmak üzere dört veri toplama aracı kullanılmıştır. Bunlardan birincisi olan hazır bulunuşluk testi, deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını incelemek amacı ile geliştirilmiştir.

İkinci veri toplama aracı olan kavramsal anlama testi, ön test olarak öğrencilerin ğretim öncesinde fikirlerinin ne olduğunun ortaya çıkarılması için, son

test olarak da öğretim sonrası öğrenci fikirlerindeki değişimi görebilmek için geliştirilmiştir.

Üçüncü veri toplama aracı olarak kullanılan yarı yapılandırılmış görüşmeler, öğrencilerin öğretim öncesinde fikirlerinin ne olduğunu, bu fikirlerin öğretim sonrasında nasıl değiştiğini, bu değişime etkileyen faktörlerin ne olduğu ve öğrencilerin derse karşı bakış açılarını derinlemesine betimleyebilmek için kullanılmıştır.

Öğrenciler daha önce kendi öğretmenlerinin ve katıldıkları kursun gerçekleştirdiği öğretime katıldıklarından dolayı, bu öğretimlerin araştırmayı nasıl etkileyeceği konusu önem taşımaktadır. Bundan dolayı öğrencilerin okul defterleri alınarak incelenmiştir. Ayrıca öğrencilere öğretim süresince günlükler tutturulmuş ve bu günlükler incelenmiştir. İleride sunulacak olan bulgular bölümünde, gerektiğinde öğrencilerin okul defterlerinden elde edilen veriler belirtilmiştir. Bu anlamda doküman analizi tekniğinden de yararlanılmıştır. Ayrıca öğretim aşamalarının tümü kamera ile kaydedilmiştir. Öğretim bölümü kamera kayıtlarına dayanılarak oluşturulmuştur.

3.3.1 Hazır Bulunuşluk Testinin (HBT) Geliştirilmesi

Hazır Bulunuşluk Testi (HBT), araştırmanın ilk basamağını oluşturmaktadır. Bu testin uygulanma amacı seçilen iki sınıfın bilişsel seviyelerinin, hazır bulunuşluk derecelerinin bir birine ne derece yakın olduğunun belirlenmesidir. HBT öğretimden 4 hafta önce uygulanmıştır. HBT uygulaması sonuçları seçilen iki grup(sınıftan oluşan gruplar) arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Geniş bilgi ileriki bölümlerde verilecektir.

11. sınıf fizik dersi programı içeriği dikkate alınarak hazırlanan ve Ek A-1, A-2, A-3'de görülen kavram haritalarına göre, çeşitli üniversite sınavına hazırlık kitaplarından sorular seçilmiş, soruların bir kez de alanında uzman bir fizik öğretmeni tarafından çözülmesi ve değerlendirilmesi sağlanmıştır. Uzman ve

araştırmacı tarafından ortak olarak uygun görölen sorular ile Ek B-1' de görölen 28 soruluk bir test hazırlanmıştır. Araştırmanın yapılacağı konu olan Işığın Dalga Modeli konusundan önce gelen konulara ait soru sayısı da yine konunun önem derecesine bağlı olarak değişmiştir.

Geliřtirilen test, Balıkesir Merkez sınırları içerindeki özel dershanelerde öğrenim gören toplam 197, 11. sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Gerçekleřtirilen pilot çalışma sonunda testin güvenirlilik katsayısı 0,786 olarak hesaplanmıştır. Bu tür testlerin güvenilir olduğunun dűřünülebilmesi için güvenirlilik katsayısı 0,7'den büyük olmalıdır [44]. Dolayısıyla düzenlenen HBT'nin güvenilir bir test olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan madde analizi ile testin toplam puanlarına bakılarak oluşturulan üst %27 ve alt %27'lik grupların madde ortalama puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı ilişkisiz t-testi ile belirlenmiştir. Anlamlılık düzeyi içinse $p < 0,05$ değerini ölçüt alınmıştır.

Madde analizi sonucunda her bir madde için elde edilen, madde anlamlılık düzeyi Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Grupların Madde Ortalama Puanları t-Testi Sonuçları

Madde No	t değerini	df (serbestlik derecesi)	p (Anlamlılık Düzeyi)
1	4,919	72	,000
	4,919	64,692	,000
2	1,258	72	,212
	1,258	66,947	,213
3	8,135	72	,000
	8,135	53,491	,000
4	-1,434	72	,156
	-1,434	36,000	,160
5	,691	72	,492
	,691	71,994	,492
6	3,903	72	,000
	3,903	36,000	,000
7	4,727	72	,000
	4,727	71,914	,000
8	5,171	72	,000
	5,171	68,245	,000
9	3,273	72	,002
	3,273	69,664	,002
10	4,311	72	,000
	4,311	63,948	,000

Tablo 3.1'in devamı

11	6,164 6,164	72 36,000	,000 ,000
12	3,506 3,506	72 70,945	,001 ,001
13	4,445 4,445	72 50,221	,000 ,000
14	4,134 4,134	72 60,186	,000 ,000
15	4,134 4,134	72 60,186	,000 ,000
16	2,755 2,755	72 69,449	,007 ,007
17	6,164 6,164	72 36,000	,000 ,000
18	4,608 4,608	72 64,265	,000 ,000
19	4,840 4,840	72 67,668	,000 ,000
20	6,874 6,874	72 36,000	,000 ,000
21	9,546 9,546	72 46,080	,000 ,000
22	1,381 1,381	72 68,907	,172 ,172
23	10,750 10,750	72 68,636	,000 ,000
24	4,419 4,419	72 60,292	,000 ,000
25	4,608 4,608	72 64,265	,000 ,000
26	6,307 6,307	72 70,401	,000 ,000
27	8,387 8,387	72 71,596	,000 ,000
28	3,637 3,637	72 50,946	,001 ,001

Tablo 3.1'de görülen ve anlamlılık düzeyi $p>0,05$ olan 2, 4, 5 ve 22. maddeler testten çıkarılmıştır. Son hali ile 24 sorudan oluşan HBT'nin (Ek B-2) güvenilirlik katsayısı, testten anlamlılık düzeyi 0,05'in üzerinde olan dört maddenin atılması ile 0,816'ya yükselmiştir.

Tablo 3.2 HBT'nin Güvenirlik Katsayısı

Cronbach' Alpha	Soru Sayısı
,816	24

3.3.1.1 Hazır Bulunuşluk Testinin Uygulanması

Son hali ile 24 sorudan oluşan HBT (Ek B-2), öğretimden 4 hafta önce kontrol ve deney gruplarına aynı anda uygulanmıştır. Öğrenciler, üniversiteye giriş sınavlarına hazırlandıklarından “bir soru için bir dakika süre” prensibi ile hareket etmektedirler. Bu yüzden 24 çoktan seçmeli sorulardan oluşan HBT için 40 dakikalık yanıtlama süresi uygun görülmüştür. Bu sürenin yeterliliği konusunda okul öğretmeninden de fikir alınmıştır.

Öğrenciler genel olarak 40 dakikalık süre içerisinde HBT sorularını yanıtlamışlardır. Birkaç öğrenci 1-2 dakikalık önemsenmeyebilen gecikme ile sınavı tamamlamışlardır. Araştırmacı, öğretmen ile birlikte sınav gözetmenliği görevinde yer almıştır.

3.3.2 Kavramsal Anlama Testinin (KAT) Geliştirilmesi

Işığın dalga modeli ile ilgili mevcut ders programının incelenmesi sonucunda, ünitenin;

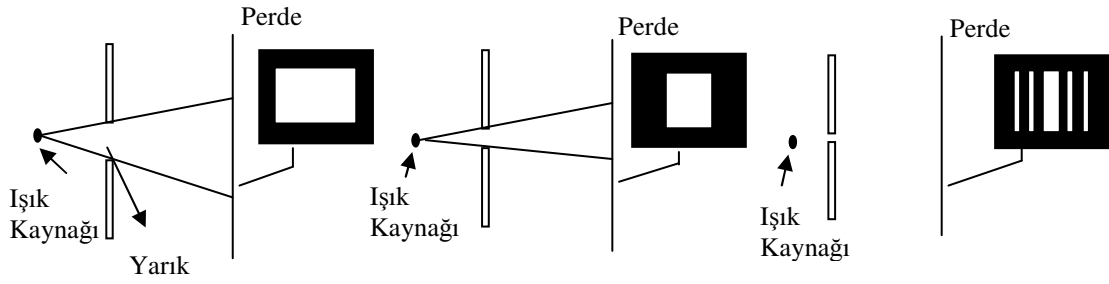
- Çift Yarıktaki Girişim
- Tek Yarıktaki Girişim
- İnce Zarda Girişim
- Hava Kamasında Girişim
- Çözme Gücü

olmak üzere beş ana başlıktan oluştuğu gözlenmiştir.

11. sınıf fizik dersi müfredatına dayanarak hazırlanan kavram haritasına göre (Ek C-1) 8 adet açık uçlu soru yazılmış ve kavramsal anlama testi oluşturulmuştur. Kavramsal anlama testi bu haliyle Özel Bahçeşehir Körfez Koleji'nde (örneklem ile ilişkisiz bir okul) öğrenim gören 11. sınıf öğrencileri arasından toplam 30 kişilik bir gruba deneme amaçlı uygulanmıştır. Deneme çalışması ve arkasından alınan uzman görüşü ile birlikte KAT'nden bir soru çıkarılmış ve bazı değişiklikler gerçekleştirilmiştir. Bu değişiklikler sonucu oluşan KAT'nin son hali Ek C-2'de görülmektedir. KAT'nin gelişim evreleri genişçe bir sonraki alt başlıkta açıklanmaktadır.

3.3.2.1 Kavramsal Anlama Testi Sorularının Tanıtılması

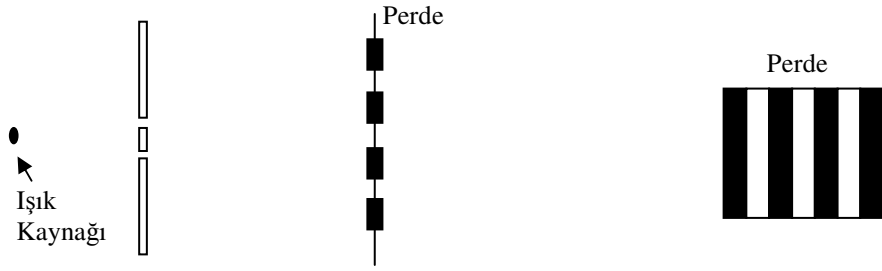
Kavramsal anlama testinin Şekil 3.1'de görülen 1. sorusu, ışığın dalga modeli ünitesine ait tek yarıktaki girişim alt başlığı ile ilgili olaysal temelli bir sorudur.



Şekil 3.1: Kavramsal Anlama Testinin 1. sorusu

Öğrencilerin tek yarıktaki girişim ile ilgili düşüncelerini derinlemesine betimlemek amacıyla kullanılan bu soru temel olarak Ambrose, Shaffer, Steinberg ve McDermott (1999)'un yaptıkları çalışmada kullandıkları sorunun (Şekil 2.3) geliştirilmesi ile oluşturulmuştur. Öğrencilere yarık daraltıldıkça aydınlık lekenin küçüleceği ve yarığın belli genişliğinden sonra perde üzerinde aydınlık – karanlık saçakların oluşacağı belirtilmiştir. Buna göre öğrencilerin bu olayı nasıl açıklayacakları sorulmuştur.

Kavramsal anlama testinin Şekil 3.2'de görülen ikinci sorusu, ışığın dalga modeli ünitesine ait çift yarıktaki girişim başlığı ile ilgili yine olaysal temelli bir sorudur.



Şekil 3.2: Kavramsal anlama testinin 2. sorusuna ait şekiller

Bu soru yine Ambrose ve ark (1999)'nın çalışmalarında kullandıkları Şekil 3.2'deki sorunun araştırmacı tarafından geliştirilmesi ile oluşturulmuştur. Öğrencilerin çift yarıktaki girişim ile ilgili kavramsal anlamalarını ortaya koymak için kavramsal anlama testinde kullanılmıştır.

Kavramsal anlama testinin Şekil 3.3'de görülen 3. sorusu ışığın dalga modeli ünitesine ait tek ve çift yarıktaki girişim başlıklarını birlikte içeren olaysal temelli bir sorudur. Bu soru Huygens Prensibi'nin uygulanışı ile ilgili öğrencilerin zihinlerindeki kavramsal anlamalarını incelemesi özelliğinden önem taşımaktadır.



Şekil 3.3: Kavramsal anlama testinin 3. sorusuna ait şekiller

Soru araştırmacı tarafından ortaya atılmış ancak Ambrose ve ark (1999)'ndan esinlenilmiştir. Ambrose ve ark (1999) yaptıkları çalışmada bu soruyu “çift yarıktaki düzeneğinde yarıklardan biri kapatılırsa ne olur” şeklinde yöneltmişlerdir. Ancak bu araştırma özellikle Huygens Prensibi ile ilgili ön fikirleri ve öğretim sonrası kavramsal anlamalardaki değişimi incelediğinden, olayın verilip ne düşünüldüğünün incelenmesinin daha uygun olacağı düşünülmüştür.

Kavramsal anlama testinin Şekil 3.4'de görülen 4.sorusu ışığın dalga modeli ile açıklanabilen, ancak ünite içindeki alt başlıklardan birine doğrudan bağlı olmayan olaysal temelli bir sorudur. Araştırmanın getireceği yeniliklerden biri olacağı

düşünülen bir durumu incelemekte, dolaylı olarak ince zarda girişim konusuna hazırlık aşaması olacağı düşünülmektedir. Bilindiği gibi okullarda yapılan geometrik optik öğretiminde, ışığın az yoğunundan çok yoğun ortama geldiğinde normale yaklaşarak kırılacağı belirtilmektedir. Ancak ışığın bir miktarının da aynı zamanda yansıtacağı üzerinde durulmamaktadır. Bunun nedeni öğrencilerin geometrik optik öğretimi yapılırken ışığın dalga karakteri konusunda fikirlerinin olamayışdır. Işığın dalga modeli öğretimi yapılırken bu durum vurgulanmalıdır. Bu anlamda kavramsal anlama testinin 4. sorusu ışığın dalga modeli ile açıklanabilecek bir olayı incelemesi açısından önem taşımaktadır. Bu soru araştırmacı tarafından oluşturulmuştur. Öğrencilere vitrinde oyuncakları seyreden çocuk örneği verilmiş ve çocuğun camda kendini görmesi olayını nasıl açıklayacakları sorulmuştur.



Yandaki şekilde bir çocuk vitrindeki oyuncakları seyretmektedir. Çocuk vitrin camına baktığında kendi görüntüsünü görünce çok şaşırmıştır. Camda oluşan görüntünün nedenini nasıl açıklarsınız?

Şekil 3.4: Kavramsal anlama testindeki 4. soruya ait resim ve soru metni

Kavramsal anlama testinin Şekil 3.5’de görülen 5. sorusu, ışığın dalga modeli ünitesinin alt başlığı olan ince zarda girişim konusu ile ilgili olaysal temelli bir sorudur. Araştırmacı tarafından oluşturulmuş ve kavramsal anlama testine konulmuştur.

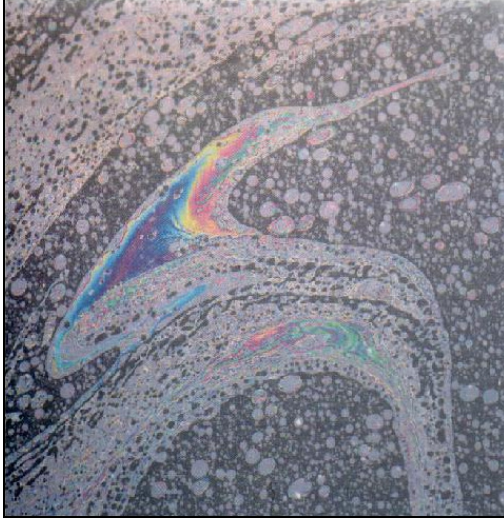


Şekilde görüldüğü gibi, sabun köpüğü üzerine ışık düşürüldüğünde renklemeler oluştuğu gözlenir. Bu olayı nasıl açıklarsınız?

Şekil 3.5: Kavramsal anlama testinin 5. sorusuna ait şekil ve soru metni

5. soru öğrencilerin ince zarda girişim konusu ile ilgili ön fikirlerini ve öğretim sonrasında bu fikirlerinin nasıl değiştiğini ortaya koyabilmek için oluşturulmuştur.

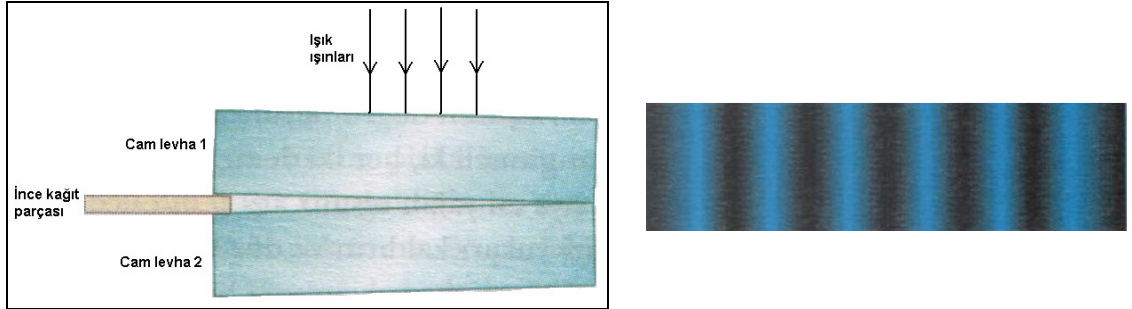
Kavramsal anlama testinin Şekil 3.6’da görülen 6. sorusu, ışığın dalga modeli ünitesinin alt başlığı olan ince zarda girişim ile ilgilidir. Bu soru da yine 5. soruda olduğu gibi olaysal temelli bir sorudur. Öğrencilerin yaşantılarında karşılaştıkları ama belki de nasıl olduğunu hiç düşünmedikleri bir olayın fiziksel temellerini sorgulamaktadır. Kavramsal anlama testinin deneme (pilot) çalışması bu soru ile ilgili bir problemi ortaya koymuştur. Deneme çalışmasına katılan öğrencilerin yaklaşık %50’si bu soruyu yanıtlarken “üsttekinin aynı olur”, “5. sorunun aynısıdır” gibi ifadeler kullanmışlardır. Dolayısıyla bu soruyu araştırmada kullanmanın, veri kaybına yol açacağı düşünülmüş ve soru testten çıkarılmıştır.



Yol üzerine motor yağı, mazot gibi maddelerin döküldüğüne şahit olmuşsunuzdur. Bu bölgeye güneşli bir günde bakıldığında rengarenk görülür. Bu olayı nasıl açıklarsınız?

Şekil 3.6: Kavramsal anlama testinin deneme çalışmasından önceki haline ait 6. sorusu

Kavramsal anlama testinin Şekil 3.7’de görülen 7.sorusu, ışığın dalga modeli ünitesine ait hava kamasında girişim alt başlığı ile ilgili olaysal temelli bir sorudur.



Şekil 3.7: Kavramsal anlama testinin 7. sorusu

Bu soru araştırmacı tarafından oluşturulan, öğrencilerin hava kamasında ışığın girişimi ile ilgili ön fikirlerini ve bu fikirlerin öğretim sonrasında nasıl değiştiğini inceleyen bir sorudur.

Kavramsal anlama testinin Şekil 3.8.(a)’da görülen 8.sorusu, ışığın dalga modeli ünitesine ait çözüme gücü konusu ile ilgili olaysal temelli bir sorudur. Bu sorunun deneme çalışması öncesindeki hali aşağıda görülmektedir

“Geceleyin düz bir yolda hareket eden otomobile uzaktan bakıldığında farlar tek gözükürken, araç yaklaştıkça gözlemci farların çift olduğunun farkına varır. Bu durumu nasıl açıklarsınız?”

Şekil 3.8.(a): 8.sorunun deneme çalışmasından önceki hali

Deneme çalışması sonrasında, kavramsal anlama testinin 8. sorusuna şekil konulmasının uygun olduğu düşünülmüştür. Soruya iki şekil eklenmiştir. Sorunun deneme çalışmasının arkasından oluşturulan son hali Şekil 3.8.(b)’de görülmektedir.



Düz bir yolda hareket eden otomobile uzaktan bakıldığında farlar tek gözükürken, araç yaklaştıkça gözlemci farların çift olduğunun farkına varır. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

Şekil 3.8.(b): Kavramsal anlama testindeki 8.sorunun deneme çalışması verileri ışığında geliştirilmesi ile ortaya çıkan son hali

Deneme çalışması sonrasında ortaya çıkan kavramsal anlama testine ait soruların, konu başlığı, tür ve kaynak açısından değerlendirilmesi Tablo 3.3’de görülmektedir.

Tablo 3.3 Kavramsal Anlama Testine Ait Genel Bilgiler

Soru No	Konu Başlığı	Tür	Kaynak
1	Tek Yarıktaki Girişim	Açık uçlu ve olaysal temelli	Ambrose ve Ark (1999)
2	Çift Yarıktaki Girişim	Açık uçlu ve olaysal temelli	Araştırmacı
3	Tek ve Çift Yarıktaki Girişim	Açık uçlu ve olaysal temelli	Ambrose ve Ark (1999) - Araştırmacı
4	Işığın Dalga Modeli	Açık uçlu ve olaysal temelli	Araştırmacı
5	İnce Zarda Girişim	Açık uçlu ve olaysal temelli	Araştırmacı
6	Hava Kamasında Girişim	Açık uçlu ve olaysal temelli	Araştırmacı
7	Çözme Gücü	Açık uçlu ve olaysal temelli	Araştırmacı

3.3.2.2 Kavramsal Anlama Testinin Uygulanması

Kavramsal anlama testi deneme çalışması sonrası 7 sorudan oluşan son haliyle, ön test olarak öğretimden 3 hafta önce, son test olarak öğretimden 1 hafta sonra, deney ve kontrol gruplarına eş zamanlı olarak uygulanmıştır.

3.3.3 Görüşme Sorularının Geliştirilmesi

Kavramsal anlama testlerine öğrencilerin verdikleri yanıtları nitel olarak daha iyi betimleyebilmek ve öğrencilerin konu ile ilgili ön fikirlerini gün yüzüne çıkarmak için yarı yapılandırılmış ön görüşmeler yapılmıştır. Ön görüşmelerin tümü, öğretim öncesindeki 2 hafta içerisinde tamamlanmıştır. Deney ve kontrol gruplarından 5'er öğrenci ile görüşme gerçekleştirilmiştir.

KAT uygulandıktan 1 hafta sonra da öğretim sonrası son görüşmeler gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Son görüşmeler iki hafta kadar sürmüştür. Deney ve kontrol gruplarının son görüşme zamanları arasında fark oluşmaması önemlidir.

Dolayısıyla, görüşme yapılan günlerde, iki gruptan da eşit sayıda kişi ile görüşme yapılmıştır.

Kaynak taraması kısmında açıklandığı gibi öğrenciler ışığın dalga modelini anlamakta zorlanmaktadırlar. Çalışmalara katılan öğrenci grupları daha önce fizik optik öğretimi almış olmalarına rağmen, bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olamayabilmektedirler. Bu nedenle görüşme sorularının, toplanan veriler açısından kavramsal anlama testini destekleyecek şekilde ve öğrencilerin ön fikirlerini, öğretim sonrası fikirlerini, öğrenme eksiklerini, kavram yanılgılarını ortaya çıkararak şekilde düzenlenmesine özen gösterilmiştir. Araştırmanın önemli farklılıklarından biri de, öğrencilerdeki öğretim sonrası değişimi incelerken, kavramsal anlama testi ile sınırlı kalmayıdır. Öğretim öncesi ışığın dalga modeli ile ilgili örneğin “saçak aralığı” kavramı öğrencilere yöneltebilecek bir soru değildir. Dolayısıyla bu kavram, kavramsal anlama testine konulmamıştır. Ancak öğretim sonrası gerçekleştirilen görüşmelerde, öğrencilerin konunun bütün ana ve alt başlıkları hakkındaki fikirleri ek sorularla sorgulanmıştır. Bu durum ön ve son görüşmelerde kullanılan görüşme formlarının farklılaşmasına neden olmuştur.

3.3.3.1 Ön Görüşme Formunun Tanıtılması

Öğrencilerle öğretim öncesinde gerçekleştirilen ön görüşmelerde araştırmacı tarafından kullanılan görüşme formu Ek D-1’de görülmektedir.

Soru 1

Öğrencinin tek yarıktaki girişim deseni ile ilgili kavramsal anlama testinin birinci sorusuna vermiş olduğu yanıtı daha açık bir şekilde anlatması istenmiştir. Öğrencinin yanıtı bulunmuyorsa, “nasıl olabilir acaba bu olay?” gibi sorular yönelterek tahminleri alınmıştır. Soru ile ilgili aşağıdaki sorular yöneltilmiştir.

- Aydınlik – karanlık saçakların oluşum nedeni nedir?

- Aydınlık – karanlık saçaklar perde üzerinde neden şekildeki gibi sıralanmıştır?

Eğer öğrenci yanıtlarına yol farkı, girişim gibi ifadeler kullandıysa bunların ne anlama geldiği sorulmuştur.

- Girişim nedir?
- Tepe ve çukur derken neyi kast ediyorsunuz?
- Işığı dalgaya mı benzetiyoruz? Nasıl oluyor bu?
- Yol farkı nedir? Neden yol farkı alıyoruz?

Soru 2

Öğrencinin kavramsal anlama testindeki çift yarıktaki girişim deseni ile ilgili vermiş olduğu yanıtı açması istenmiştir. Ayrıca aşağıdaki sorular sorulmuştur.

- Aydınlık – karanlık saçakların oluşum nedeni nedir?
- Aydınlık – karanlık saçaklar perde üzerinde neden şekildeki gibi sıralanmıştır?

Soru 3

Öğrencinin tek ve çift yarıktaki girişim desenlerinin arasındaki farklılıkları inceleyen kavramsal anlama testinin üçüncü sorusuna vermiş olduğu yanıtı daha anlaşılır olarak istenmiştir. Aşağıdaki soru yöneltilmiştir.

- İki desendeki merkezi aydınlık saçakların farklı olmasının nedeni ne olabilir?

Soru 4

Bu soru ile öğrencilerin ışığın dalga modelini, 4. soruda verilen olaya uygulayıp uygulayamadıkları ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Soru ışığın farklı bir

saydam ortamın yüzeyine geldiğinde yansıma ve kırılma özelliklerini bir arada göstermesi ile ilgilidir. Öğrencinin vermiş olduğu yanıtı açması istenmiştir. Daha sonra bulgular kısmında yer verileceği gibi, kavramsal anlama testindeki 4. soruyu öğrencilerin büyük bir çoğunluğun “yalnız ışığın yansıması” ile açıklamaya çalıştıkları gözlenmiştir. Bu soruda öğrencilere geometrik optik bilgileri hatırlatılmış, az yoğun ortamdan (kız çocuğunun bulunduğu), çok yoğun ortama (cam) gelen ışığın normale yaklaşarak kırılması gerektiği, geometrik optiğe göre yansımanın olamayacağı hatırlatılmıştır.

Soru 5

Öğrencinin kavramsal anlama testindeki ince zarda girişim ile ilgili 5. soruya vermiş olduğu yanıtı açması istenmiştir. KAT’nde her hangi bir yanıtı olmamışsa tahminleri sorulmuştur. Öğrenci tarafından “ince zarda girişim” gibi ifadeler kullanıldıysa, bunun üzerine gidilerek, öğrencinin gerçekte ne düşündüğü ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu soru ile ilgili gerçekleştirilen görüşmede özellikle aşağıdaki soru üzerinde durulmuştur.

- Sabun köpüğü üzerindeki renklenmenin nedeni nedir?

Soru 6

Öğrencinin hava kamasında girişim ile ilgili 6. soruya kavramsal anlama testinde vermiş olduğu yanıtı açması istenmiştir. Genel olarak aşağıdaki sorular yöneltilmiştir.

- Hava kaması nedir?
- Aydınlık – karanlık saçakların oluşmasının nedeni nedir?
- Aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde dizilmelerindeki neden nedir?
- Neden cam levhanın bir ucuna kağıt parçası konulmuştur?

Soru 7

Öğrencinin çözme gücü ve çözülme olayları ile ilgili vermiş olduğu yanıtı açması istenmiştir. Öğrenci çözme gücü, çözülme gibi ifadeler kullanmışsa, bu kavramları niçin kullandığı ve bu kavramların ne demek olduğu sorulmuştur.

Genel olarak ön görüşmelerin temel amacı, öğreti öncesi konu ile ilgili öğrencilerin ön fikirlerini ortaya çıkarmaktır.

3.3.3.2 Son Görüşme Formunun Tanıtılması

Daha önceden de belirtildiği gibi araştırmada ön ve son görüşme formları arasında farklılıklar oluşmuştur. Araştırma öğretim sonrası öğrencilerin konunun tüm ana ve alt başlıklarına olan hakimiyetlerini de araştırmaktadır. Dolayısıyla aşağıda açıklanacak olan son görüşme formu (Ek D-2), ön görüşme formuna göre detaylı inceleme yapan sorular içermektedir. Her soru ile ilgili görüşmelerde uygun sıra ile son testteki yanıtın öğrenci tarafından açılması, ilk ve son testteki yanıtların karşılaştırılması işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Soru 1

- Perde üzerinde aydınlık – karanlık saçakların oluşma nedeni nedir?
- Perde üzerinde aydınlık – karanlık saçakların şekildeki gibi dizilmesinin nedeni nedir?
- Girişim nedir?
- Perde üzerinde neye göre aydınlık, neye göre karanlık saçak oluşur?
- Yol farkı nedir?
- Yol farkı neden alınır?

Soru 2

- Çift yarıktaki girişim deseni nasıl oluşur?
- Girişim nedir?
- Yol farkı nedir?
- Yol farkı alınmasının sebebi nedir?
- Çift yarıktaki, yarıklar düzleminin döndürülmesi girişim desenini nasıl etkiler?
- Çift yarıktaki, yarıklar düzlemi ile perde arasına saydam ortam konulması, girişim desenini nasıl etkiler?
- Yarıklardan birinin önüne cam levha konulması işlemi, girişim desenini nasıl etkiler?
- Kaynağın hareket ettirilmesi girişim desenini nasıl etkiler?
- Çift yarıktaki girişim deseni ile tek yarıktaki girişim deseni arasında ne gibi farklılıklar vardır?
 - Parlaklık bakımından fark var mıdır?
 - Parlaklıkların arasındaki bu farklılığın nedeni nedir?

Soru 3

- Saçak aralığı nedir?
- (Öğrenci saçak aralığı bağıntısını belirtirse) Bu bağıntıya nasıl ulaşıldı?

3. soru ile ilgili görüşmeler, bazen görüşmenin gidişatına göre; 1 ve 2. soruların içeriğinde kalabilmiştir. Bundan dolayı ileride verilecek olan bulgular bölümünde, sorulardan biri ile ilgili görüşme diyalogları, iki ya da daha fazla soru ile ilgili diyalogları içerebilmiştir. Özellikle saçak aralığı ile ilgili görüşmelere ait diyaloglar kimi öğrencilerde, 1. ve 2. sorulara ait diyalogların içerisinde geçmektedir.

Soru 4

Öğrencilere ön testte olduğu gibi, geometrik optik bilgilerine göre; az yoğun ortamdan, çok yoğun ortama gelen ışığın yansıma yapamayacağı söylenmiş,

öğrencilerin yeniden karşılaştıkları bu problem karşısında dalga modelinin kullanıp kullanmadıkları açığa çıkarılmaya çalışılmıştır. Bazı öğrenciler bulgular bölümünde bahsedileceği gibi, dalga modelini kullansalar da kavramsal anlama testindeki 4. soruyu yanıtlarken dalga modeli ile ilgili ifade kullanmamışlardır. Bu durum öğretim sonrası gerçekleştirilen görüşmenin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Görüşmelerde dördüncü sorunun altında yatan teorik çerçevenin ne olduğu nedenleri ile açıklanmıştır.

Soru 5

- İnce zarda girişim nedir?
- Sabun köpüğü neden renklenmiştir?
- Renkli sabun köpüğüne kırmızı filtre ile bakılırsa ne görülür?

Soru 6

- Hava kaması nedir?
- Hava kamasında girişim nasıl oluşur?
- Aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde dizilmelerinin nedeni nedir?
- Cam levhaların arasına neden kağıt parçası konulmuştur?
- Sıfırdan başlayarak artan bir hava boşluğu oluşturulmasındaki sebep nedir?
- Hava kaması beyaz ışıkla aydınlatılırsa ne olur?

Soru 7

- Çözme gücü nedir?
- Çözülme nedir?

Son görüşmelerde öğrencilerin bu konunun öğretimini aldıktan sonra hayatlarında ne gibi değişiklikler olduğu sorulmuştur. Ayrıca günlük hayatta bu ya da buna benzer olaylarla karşılaşp karşılaşmadığı sorulmuştur.

Ayrıca son testte öğrencilere derse bakış açıları ile ilgili sorular yöneltilmiştir.

- Bu ders sizin için zevkli miydi?
- Bu dersin güçlü yönleri nelerdir?
- Bu dersin zayıf yönleri nelerdir?
- Ne yapılırdı daha iyi olurdu?
- Öğretmenin uyguladığı ve sizin öğrenmenizi kolaylaştıran şeyler nelerdir?
- Eklemek istediğiniz bir şey var mı?

3.3.3.3 Görüşme Sorularının Deneme Çalışmasının Yapılması ve Uygulanması

Hazır bulunuşluk ve kavramsal anlama testlerin geliştirilmesi aşamalarında olduğu gibi ön ve son görüşme formları için ayrı ayrı deneme çalışması yapılmıştır. Deneme çalışmasına katılan öğrenciler Özel Bahçeşehir Körfez Koleji 11.sınıf öğrencileri olup, örneklem ile ilişkisiz öğrencilerdir. Ön ve son görüşme formları için, 3'er öğrenci ile görüşme yapılmıştır. Bu deneme çalışmalarının sonunda, her hangi bir sorunla karşılaşmadığı anlaşılmış ve gerekli düzenlemeler yapılarak gerçek uygulamaya geçilmiştir.

Hazır bulunuşluk testi verilerine dayanılarak elde edilen başarı durumları temelinde ve okul öğretmeninden alınan bilgilere dayanılarak, her gruptan 2 iyi, 2 orta, 1 zayıf öğrenci olmak üzere toplam 10 öğrenci ile öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında görüşmeler yapılmıştır. Okul öğretmeninden özellikle kendini ve düşüncelerini ifade etmede başarılı öğrencileri önermesi istenmiştir. Görüşmelere başlamadan önce, öğrencilere sorulara verecekleri yanıtların kesinlikle fizik notlarını etkilemeyeceği, isimlerinin çalışmada doğrudan kullanılmayacağı ve okul öğretmenlerinin bu araştırmadan kesinlikle olumsuz etkilenmeyeceği belirtilmiş, böylelikle öğrenciler rahatlatılmaya çalışılmıştır. Görüşme yapılmak üzere okul öğretmenin de desteği alınarak belirlenen öğrenciler Tablo 3.4'de görülmektedir.

Tablo 3.4 Görüşmelere Katılan Öğrencilerin Dağılımı

Akademik Durum	Deney Grubu	Kontrol Grubu
İyi	D1, D5	K2, K3
Orta	D2, D3	K4, K5
Zayıf	D4	K1

Yapılan görüşmeler 12-31 dakika arasındaki sürelerde tamamlanmış, öğrencilerin onayı alınarak ses kaydı yapılmıştır. Görüşmeler Edremit Anadolu Lisesinin kullanılmayan katında, sessiz bir ortam olan fizik laboratuvarında, öğle aralarında yapılmıştır. Öğrenciler, okul çıkışlarında ve hafta sonlarında dersanelere gittiklerinden dolayı görüşmeler için en uygun saatin öğle arası olacağı düşünülmüştür.

Görüşme kayıtlarına bakılarak deney ve kontrol grupları arasında farklılık olup olmadığı nitel bir yolla belirtmeye çalışılmıştır.

3.3.4 Doküman İncelemesi

Daha önce belirtildiği gibi örnekleme (her iki gruba da) kendi öğretmenleri ve katıldıkları kurs tarafından ışığın dalga modeli öğretimi yapılmıştır. Bu anlamda öğrencilerin defterlerinin incelenmesi araştırma için önemli bir işlemdir. Deney grubundaki görüşmelere katılan üç öğrencinin (iyi, orta ve zayıf olarak belirlenen öğrencilerden birer kişi) okul defterleri alınmış ve defterlerdeki ışığın dalga modeli bölümü fotokopi ile çoğaltılmıştır. Defterlerde yer alan bilgiler ileride bulgular bölümünde nitel veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

Öğretim süresince öğrencilerden öğrendikleri ile ilgili günlük tutmaları istenmiştir. İkinci doküman türü olarak bu günlükler toplanarak incelenmiş ve öğretimin son bölümünde öğrenciler ile birlikte değerlendirilmiştir.

3.4 Verilerin Analizi

Bilimsel bilgilerin okuyucuya anlamlı bir şekilde sunulabilmesi için, araştırmada elde edilen verilerin toplanarak, analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır [44]. Bu bölümde veri toplama araçlarının analiz süreci verilmektedir.

3.4.1 Hazır Bulunuşluk Testinin Analizi

Güvenirliği istenen düzeyde bulunan hazır bulunuşluk testinin deney ve kontrol gruplarına uygulanması sonucu elde edilen verilerin analizinde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacı ile ilişkisiz t testi kullanılmıştır. SPSS 12 paket programına girilen öğrenci puanları ile yapılan analiz sonunda anlamlılık değeri bulunmuştur.

Ancak parametrik test olan t testinin kullanılabilmesi için verilerin normal dağılım göstermesi gerekmektedir [45]. Bunun içinse “skewness” ve “kurtosis” değerlerinin -1 ve +1 arasında olması gerekmektedir. Yapılan yeni bir analiz ile skewness ve kurtosis değerlerine bakılıp normal varsayımının karşılanıp karşılanmadığı kontrol edilmiştir.

Gruplardaki öğrenci sayısı 30’dan az olduğundan ve t testi sonuçlarını desteklemek amacı ile deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını ortaya çıkarmak için, parametrik olmayan testlerden olan Man-Whitney U Testi kullanılmış ve anlamlılık değeri bulunmuştur.

Tüm analizler sonucunda elde edilen değerler, ileride bulgular bölümünde verilecektir.

3.4.2 Kavramsal Anlama Testinin Analizi

Kavramsal anlama testinde yer alan 7 nitel ve açık uçlu sorunun analizinde, elde edilen verileri açıklayabilecek kavramlar ve ilişkilere ulaşabilmek amacı ile içerik analizi yöntemine başvurulmuştur [42]. Bu analizin ilk basamağı olarak, ön ve son test verileri kodlanmıştır. Uzman görüşü ile araştırmacı görüşlerinin sentezi sonucunda her bir soru için yanıt anahtarı oluşturulmuştur. Öğrencilerin ön test ve son testteki yanıtları her soru için “Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar” üst kategori başlığı altında, “Bilimsel olarak tam doğru yanıt”, bilimsel doğruya yakın ama eksik ifadeli yanıtlar ise “Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt” kategorilerinde toplanmıştır.

Bilimsel doğrularla bağdaşmayan, yanlış kavramalar içeren yanıtlar ise “Bilimsel olarak kabul edilemez yanıtlar” üst kategori başlığında toplanmışlardır. Bu kategoriye ait alt başlıklar öğrenci yanıtlarına göre değişim göstermiştir. Örnek verilecek olursa; “Işığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar”, “Olayların geometrik optik ile açıklandığı yanıtlar”, “Hibrit Yanıtlar” gibi kategoriler oluşmuştur.

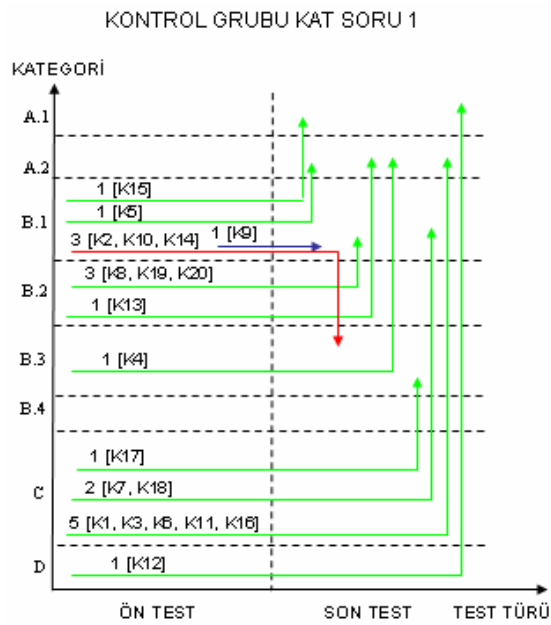
Sorularda yer alan kavramlarla hiçbir şekilde ilişki göstermeyen ve belirsiz anlamlı veya sorunun aynen tekrarını içeren yanıtlar “kodlanamaz yanıtlar” kategorisine alınmıştır. Ayrıca boş bırakılan ya da “fikrim yok”, “bilmiyorum” gibi ifadeler içeren yanıtlar “yanıtsız” kategorisine alınmıştır. Kategorilerin belirlenmesinde Kocakülah (1999)’dan yararlanılmıştır [46]. Aşağıda kavramsal anlama testinin 1. sorusuna verilen yanıtların analizi sırasında oluşan kategorileri gösteren bir tablo örneklenmiştir.

Tablo 3.5: Ön ve son testte 1. soruya verilen yanıtların analizi sonunda ortaya çıkan kategorileri gösterir örnek tablo

YANIT TÜRLERİ	DENEY GRUBU		KONTROL GRUBU	
	Ön Test n (%)	Son test n (%)	Ön Test n (%)	Son Test n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar				
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Bu olay ışığın dalga özelliği göstermesinin bir sonucudur. Huygens prensibine göre yarığın her noktası kaynak gibi davranır. Bu kaynaktan çıkan ışık dalgalarının girişimi sonucunda bu desen oluşur. Perde üzerinde ışık dalgalarının birbirini kuvvetlendirdiği (T+T, Ç+Ç) noktalar aydınlık, sönmülediği yerler (T+Ç) karanlık gözüktür. 				
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Işığın dalga modeli ile açıklanır, tanecik modeli ile açıklanamaz” ➤ “Işık dalgaları girişim yaparlar, T+T ve Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık olur” ➤ “Yarığın genişliği azalınca $\lambda > w$ olur, ışık dalgaları girişim yaparlar. Tek yanıkta girişim olur. T+ T ve Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık olur” 				
Ara Toplam 1				
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				
1. Işığın Dalga Modeli Fikrini İçeren Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Işık kaynağı ile perde arasındaki uzaklık arttıkça desenler kaybolur, aradaki uzaklık azaldıkça aydınlık karanlık saçaklar oluşur” ➤ “ışık su dalgalarında olduğu gibi kırınıma uğrar, tepe ve çukurlar oluşur” 				
2. Olayları Geometrik Optikte Açıklandığı Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “ışığın kırılması ile aydınlık karanlık bölgeler oluşur” ➤ “Aralık kapandıkça ışık karşıya daha az geçer, aydınlık azalır, karanlık artar” 				
3. Hibrit Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Işığın tanecik modelinden dolayı, yarıktan birden fazla nokta kaynağı varmış gibi düşünülür.” ➤ “Aralık küçüldükçe yarığın uçları ayrı iki kaynak gibi davranır, girişim olur.” ➤ “Işığın yarıktan geçip aydınlattığı yer geniştir. Diğer yerlerde ise T+T ve Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık olur.” 				
4. Sezgisel yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Işık perdeye homojen olarak dağılmaz” ➤ “ışık bazı bölgelere ulaşmamış olabilir” ➤ “Işık sürekli yanmaz, yanıp söner” 				
Ara Toplam 2				
C. Kodlanamaz Yanıtlar				
D. Yanıtsız				
TOPLAM				

Analiz sonucunda ortaya çıkan kategoriler, örneği Tablo 3.5’de görüldüğü gibi tablolatırılmıştır. Bir soru için her öğrencinin yanıtı okunmuş, yanıtta ait kategoriye öğrencinin numarası (Örneğin; D1, K3 gibi) yazılmıştır. Daha sonra bu veriler sayısal hale dönüştürülerek aktarılmıştır.

Bu çalışmanın ardından öğrencilerin bireysel gelişimleri incelenmiştir. Bu amaçla öğrencilerin ön testten öğretim sonrası uygulanan son teste verdikleri yanıtlarındaki değişimi her öğrenci için inceleyen gelişim şekilleri oluşturulmuştur.



Şekil 3.9: Öğrencilerin fikirlerinin ön testten son teste gelişimini gösteren şekil örneği

Şekil 3.9’de tüm kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında hangi kategoriye uygun yanıt verdikleri görülebilmektedir. Düşey eksen Tablo 3.5’deki kategorileri, yatay eksen de test türünü göstermektedir. Ön testten son teste yeşil çizgiler yükseliş olduğunu, kırmızı çizgiler değişimin olmadığını, kırmızı çizgi de düşüş yaşandığını anlatmaktadır.

Tablo 3.5’de kategori başlıkları altında ifadeler görülmektedir. Bilimsel olarak tam doğru yanıtın altındaki ifade uzman ve araştırmacı görüşleri sentezi ile ortaya çıkan tam doğru yanıtı açıklamaktadır. Diğer kategorilerin altlarındaki ifadeler, öğrencilere ait ifadelerdir ve ilgili kategoriye alınan yanıtların ne tür olduğu

konusunda fikir vermesi amacı ile aktarılmışlardır. Tablo 3.5'in oluşturulması aşamalarında Kocakulah (2006)'dan yararlanılmıştır [47].

3.4.2.1 Kavramsal Anlama Testinin Analizinde İkincil Araştırmacının Kullanılması

Araştırmacının veri toplama araçlarından elde ettiği verileri kodlamasının ardından, aynı verileri başka bir araştırmacının da kodlaması ile kodlama güvenilirliğine ilişkin bir açıklama yapılması nitel araştırmalarda önem taşımaktadır. Kodlama güvenilirliğinin ortaya çıkarılması için, iki araştırmacının aynı veri setini kodlaması sonucunda benzerlikler ve farklılıklar karşılaştırılır ve kodlama yüzdesine ulaşılır. Nitel araştırmada iki araştırmacı arasındaki tutarlık yüzdesi %70'den az olmaması gerektiği değişik kaynaklarda belirtilmiştir. Bu değerden daha az tutarlık yüzdesinin söz konusu olduğunda ise iki araştırmacının birlikte yeni bir kategori düzenlemesine gitmeleri gerektiği belirtilmektedir [42].

Çalışmada kodlama güvenilirliğinin sağlanması için, özel bir dershanede beş yıldır görev yapan başka bir fizik öğretmenine (ikincil araştırmacı), Tablo 3.5'de görülen tablonun ana kategorileri içeren boş hali ve iki gruptaki tüm öğrencilerin yanıtlarını içeren kavramsal anlama testleri (ön ve son testler) verilmiştir. Kendisinden öğrencilerin yanıtlarını okuyarak, boş tabloyu doldurması istenmiştir.

Ön test ve son testte yer alan her bir soru için, fizik öğretmeni ile araştırmacının doğru kategoride olduğu düşündükleri öğrenci sayısı, gruptaki tüm öğrencisi sayısına bölünmüş ve 100 ile çarpılmıştır. Tutarlılık yüzdesinin bulunuşu aşağıda görülmektedir [48].

p = Tutarlılık yüzdesi olmak üzere

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

N_a = Araştırmacı ve ikincil araştırmacının aynı kodladığı yanıt sayısı

N_t = Toplam öğrenci sayısı

Tablo 3.6: Deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin ön ve son testteki yanıtlarının araştırmacı ve ikincil araştırmacı tarafından kodlanması sonucunda hesaplanan tutarlılık yüzdeleri

Soru Numarası	p (Tutarlılık Yüzdesi)			
	Deney Grubu		Kontrol Grubu	
	Ön Test	Son Test	Ön Test	Son Test
1	90,5	85,7	85	85
2	95,2	95,2	95	100
3	90,5	90,5	95	90
4	90,5	90,5	100	85
5	100	90,5	90	90
6	100	90,5	95	100
7	95,2	100	95	100

Araştırmacı ile ikinci araştırmacının kodlamaları arasında tüm sorularda %70'in üzerinde bir tutarlılık olduğu hesaplanmıştır. Genel olarak ön testteki tutarlılık yüzdelerinin daha yüksek olduğu bu durumun ön testte soruların yanıtlanmama oranının yüksek olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir. Aşağıda tutarlılık yüzdelerinin yedi soru için ortalamaları alınmış ve tablolaştırılmıştır.

Tablo 3.7: Tutarlılık yüzdelerinin yedi soru için test türüne göre ortalamaları

p (Tutarlılık Yüzdesi)			
Deney Grubu		Kontrol Grubu	
Ön Test	Son Test	Ön Test	Son Test
94,6	91,8	93,5	92,8

Tablo 3.7’de görüldüğü gibi deney ve kontrol gruplarının verdikleri yanıtların araştırmacı ve ikincil araştırmacı tarafından kodlanması ile hesaplanan tutarlılık yüzdelerinin sırasıyla ön testlerde %94,6 ve %93,5; son testlerde %91,8 ve %92,8 gibi oldukça yüksek değerler aldığı görülmektedir. Bu sonuç veri analizinin güvenilir olduğunu göstermektedir.

4. ÖĞRETİM

Çalışmanın bu bölümünde, kavramsal değişimi gerçekleştirmek amacıyla araştırmacı tarafından deney grubu için tasarlanan öğretimin dayandığı teorik temeller, kullanılan öğretim strateji ve yöntemleri, literatürde karşılaşılan alternatif fikirler hakkında bilgiler yer almaktadır. Ayrıca, tasarlanan öğretimin deney grubuna uygulanması ve kontrol grubunda gerçekleştirilen öğretim bölümlerine yer verilmiştir.

4.1 Öğretimin Tasarlanması

4.1.1 Deney Grubu Öğretiminin Tasarlanması

Deney grubunda gerçekleştirilen Işığın Dalga Modeli öğretimine yön veren felsefik anlayış yapılandırmacı öğrenme kuramıdır. Yapılandırmacı yaklaşımın giriş bölümünde de değinildiği gibi bilişsel, sosyal ve radikal yapılandırmacılık gibi çeşitleri bulunmaktadır. Çalışmada deney grubu öğretiminde yapılandırmacı yaklaşım türlerinden sosyal yapılandırmacı anlayış benimsenmiştir. Sosyal yapılandırmacı anlayış, öğrenmeyi sosyal bir etkinlik olarak görmektedir. Öğrencilerin sosyal bir ortam içinde tartışmalar ve gözlemler yardımıyla ortak bir anlamı yapılandığı kabul edilmektedir. Öğrenciler kendi fikirlerini ortaya koyarlar, arkadaşlarının fikirlerinin farkına varırlar, kendi fikirlerinin arkadaşlarının fikirlerinden farklılıkları, olumlu ve olumsuz yanlarını görme fırsatı bulurlar. Öğrenciler, arkadaş grupları tartışarak, kendi fikirlerini yeniden organize edebilir ya da tamamen değiştirebilirler. Fikirlerin bu organizasyon ve değişim süreci dışarıdan izole bir şekilde değil, sosyal bir ortam içinde gerçekleşebilir [48].

Deney grubuna 2,5 hafta (10 ders saati) boyunca öğretim yapılmıştır. Deney grubu öğretiminde yapılandırmacı yaklaşım temel alınmıştır. Yapılandırmacı yaklaşım perspektifinde, Cosgrove ve Osborne (1982) tarafından ortaya atılmış ve

orijinal adı “Generative Learning Model of Teaching” olan öğretim stratejisi benimsenmiştir. Öğretmen önce, öğrencilerin fikirlerini ortaya çıkarmıştır. Öğrenciler fikirlerinin farkında olma ve bunları sınama fırsatı bulmuşlardır. Daha sonra öğretmen bilimsel görüşü tanıştırmış ve edinilen yeni bilgi ile ilgili başka uygulama alanlarına öğrencileri yönlendirmiştir. Deney grubu öğrencileri öğretim aşamalarında işbirlikli çalışarak, kavramsal değişimi gerçekleştirmek için çaba sarf etmişlerdir. Deney grubu öğretiminin tümü kamera ile kayıt edilmiştir. Araştırmacı deney grubu öğretiminde öğretmen rolünü üstlenmiştir.

Deney grubu öğretiminde benimsenen ve orijinal adı “Generative Learning Model of Teaching” olan öğretim stratejisi dört ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler aşağıda maddeler halinde aktarılmıştır.

- Başlangıç fazı: Öğretmen bilimsel görüşün, öğrencilerin görüşünün ve kendi görüşünün sentezini yapar.
- Odaklanma Fazı: Öğrenci kendi görüşünü sınar. Sahip olduğu kavramın içeriğini test eder.
- Öğrencileri Cesaretlendirme Fazı: Öğrenciler görüşlerinin olumlu ve olumsuz yanlarını tartışır ve öğretmen bilimsel görüşü tanıştırır.
- Uygulama Fazı: Yeni düşüncenin başka durumlara uygulanması için öğrencilere fırsat verilir.

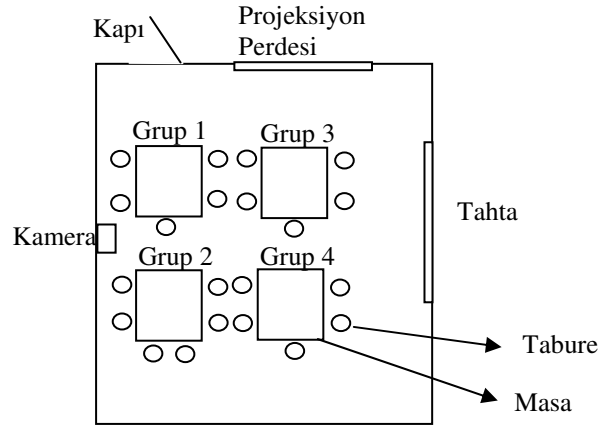
Araştırmada kullanılan örneklemin özellikleri, Cosgrove ve Osborne (1985) tarafından ortaya atılan bu öğretim modelinin seçiminde etkili olmuştur. Öğrenciler üniversiteye giriş sınavına hazırlanmaktadır. Dolayısıyla yapılandırmacı yaklaşım temelinde ortaya atılan stratejilerden kolay uygulanabilir olanının seçilmesi önem taşımıştır. 5E ve 7E gibi geniş kapsamlı modellerin uygulanmasının zaman alacağı ve araştırma için bu anlamda problem çıkaracağı düşünülmüştür.

Öğrenciler öğretim süresince, gruptaki arkadaşları ile işbirlikli çalışmışlardır. Öğretmen öğrencilerinin ve kendi fikirlerinin sentezini yapmış, öğrencilere görüşlerini sınama fırsatı vermiştir. Öğrenciler fikirlerini sınama, değiştirme ya da

düzeltilme olanağı bulmuşlardır. Ardından öğretmen bilimsel görüşü tanıştırmış ve öğrencilerini yeni uygulama alanlarına yönlendirmiştir.

Sosyal yapılandırmacılığın belirtilen fikirlerinin benimsendiği bu araştırmada, sınıf ortamının düzenlenmesi amacıyla yapılanlar aşağıda belirtilmiştir.

- Öğretimin gerçekleştirileceği sınıf, fizik laboratuvarının hemen karşısında olan ve kullanılmayan bir sınıftır. Okulun fizik laboratuvarı kullanıma uygun olmadığından, laboratuvara en yakın sınıf seçilmiştir. Okul müdürünün de yardımları ile, sınıfa projeksiyon aleti, tahta, masa ve tabureler yerleştirilmiştir. Kamera tahtayı ve öğrencileri rahatlıkla görecek şekilde konumlandırılmıştır. Aşağıda son hali ile sınıf ortamı görülmektedir.



Şekil 4.1: Sınıfın öğretim sırasındaki düzeni

- Öğretim öncesinde uygulanan hazır bulunuşluk testi sonuçları doğrultusunda, her birinde testten yüksek, orta ve düşük puan almış öğrencilerin bulunduğu dört grup oluşturulmuştur. Gruplarda benzer düzeyde puan almış öğrencilerin yığılmasına özen gösterilmiştir. Bu anlamda grupların bilişsel düzeyleri bakımından homojen olmamasına dikkat edilmiştir. Ayrıca görüşmelere katılacak öğrencilerin bir gruba toplanmamasına dikkat edilmiştir. Üç grupta birer görüşülen öğrenci, bir grupta da iki görüşülen (toplam beş) öğrenci bulunmaktadır. Oluşan grupların üçü; beşer kişiden, biri ise altı kişiden oluşmaktadır. Grup sayısının dört olarak belirlenmesindeki neden zaman kısıtlılığıdır. Grup sayısının dört olarak

belirlenmesinin zaman kazandıracağı düşünülmüştür. Gruplarda sözcü ve yazıcı seçimi gönüllülük esasına dayanılarak yapılmıştır. Ayrıca her bölümde etkin katılımın sağlanması adına grup içindeki sözcü ve yazıcılar değiştirilmiştir.

- Bütün etkinlik ve deneylerde, her bir grubun diğerlerinden bağımsız bir şekilde çalışabilmesi için malzeme temin edilmiş ve deney düzenekleri hazırlanmıştır. Öğretim öncesi hazırlık aşamaları ileriki bölümlerde verilecektir.
- Her grubun etkinlik ve deneylerde öncelikle kendi grubundaki ve sonra da sınıf içindeki tartışmalara katılmaları ve kendi fikirlerini açıklamaları teşvik edilmiştir.

4.1.1.1 Kavram Yanılgıları

Öğretim öncesi öğrencilerin sahip olduğu alternatif fikirlerin öğrencilerin öğrenmelerine bir engel teşkil edeceği yapılandırmacı öğrenme modeli çerçevesinde araştırma yapan birçok araştırmacı tarafından önemle vurgulanmaktadır. Öğretimde, alternatif fikirlerin dikkate alınması ve öğretimin bu fikirleri bilimsel görüşe doğru değiştirecek şekilde planlanması büyük önem taşımaktadır [48].

Araştırmanın temelindeki konu olan ışığın dalga modeli ile ilgili kaynak taraması gerçekleştirilmiştir. Wosailait ve ark (1999), Ambrose ve ark (1999) ve Hubber (2007)'ın yaptıkları çalışmalarda ortaya çıkan başlıca kavram yanılgıları ve alternatif fikirler aşağıda özetlenmiştir.

- Öğrenciler tek yarıktaki girişimi, ışığın yarığın uçlarında bükülmesi ve yarığın uçlarının kaynak gibi davranarak girişim yapması şeklinde açıklamaktadırlar.
- Öğrenciler, girişimi fotonların yarığın uçlarından sıçraması şeklinde açıklamaktadırlar.

- Öğrenciler, tek yarıқта girişim desenindeki merkezi aydınlık saçığı geometrik optikle, diğer aydınlık – karanlık saçakları ise dalga modeli ile açıklayarak hibrit model geliştirmektedirler.
- Öğrencilerin yol farkı alma konusunda yanlış kavramaları bulunmaktadır.
- Öğrenciler, Huygens Prensibinin uygulamasında yanlış kavramalara sahiptirler.
- Öğrenciler tek ve çift yarıқта girişim ile ilgili bağıntıları birbirine karıştırmaktadırlar.
- Öğrenciler tek yarıқта girişimi açıklarken, yarık genişliğinin ışığın dalga boyundan küçük olması gerektiğini belirtmektedirler.
- Öğrencilerin modern fizik kavramları ile ilgili yanlış inanışları bulunmaktadır. Örneğin fotonların sinüsel dalgalar halinde hareket ettiklerini düşünmektedirler.
- Öğrenciler tek yarıktan geçen ışık dalgasının bir miktarının kesileceğini düşünmektedirler.
- Öğrenciler, kutuplanmayı açıklarken, genliği tek yarığa sığan ışığın yarıktan geçebileceğini ancak, genliği yarığa sığmayan ışığın geçemeyeceğini belirtmiştir.

Literatürde karşılaşılan çalışmalar genel itibariyle üniversitede öğrenimini sürdüren ya da üniversiteden mezun durumda bulunan öğrenciler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hubber (2007) gerçekleştirdiği çalışmalarda lise öğrencileri ile çalışmıştır. Ancak daha öncede bahsedildiği gibi, ışığın dalga modeli konusunun alt başlıkları olan tek ve çift yarıқта girişim konularını işlemiştir. Literatürde ince zarda girişim, hava kamasında girişim ve çözme gücü ile ilgili konularda kavram yanlışlarına rastlanmamaktadır.

4.1.1.2 Deney Grubu Öğretimine Kavramsal Açıdan Bakış

Gerçekleştirilen öğretim beş ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler: 1- “Çift yarıқта girişim”, 2-“Tek yarıқта girişim”, 3-“ince zarda girişim”, 4-“Hava

kamasında girişim”, 5-“Çözme gücü” şeklindedir. Bu bölümlerin tanıtılmasından önce, Tablo 4.1’de öğretimdeki derslerde işlenen kavramsal temanın ne olduğu ve kaç dakika boyunca ilgili temanın öğretiminin yapıldığı ile ilgili bilgiler sunulmaktadır.

Tablo 4.1: Dene grubu öğretimindeki derslerde işlenen kavramsal temalar

Bölüm	Ders	Süre(dk)	İşlenen Kavramsal Tema
1	1	40	Çift yarıқта girişimin açıklanması
	2	15	Yol Farkı
		25	Saçak aralığı ve saçak aralığı – dalga boyu ilişkisi
2	1	10	Çift yarığın beyaz ışıkla aydınlatılması ve eş fazlı kaynak kavramı
		10	Faz farkı
		20	Tek yarıқта girişimin açıklanması ve Huygens Prensibi
	2	20	Tek yarıқта girişimin açıklanması ve Huygens Prensibi
		20	Saçak aralığı
3	1	40	Tek ve çift yarıқта girişim desenleri arasındaki farklılıklar
	2	10	Işığın farklı saydam ortamlar arası geçişlerinde yansıma ve kırılma özelliğini bir arada göstermesi
		30	İnce zarda girişimin açıklanması
4	1	20	İnce zarın beyaz ışıkla aydınlatılması
		20	Hava kamasında girişimin açıklanması
	2	20	Hava kamasında girişimin açıklanması
		20	Hava kamasının beyaz ışıkla aydınlatılması
5	1	40	Çözme gücü ve çözülme kavramlarının açıklanması
	2	10	Çözme gücü ve çözülme kavramlarının açıklanması
		30	Işığın dalga modeli konusunun özetlenmesi

Tabloda görüldüğü gibi öğretim toplam 10 ders saati boyunca (400dk) sürmüştür. Her iki ders bir bölümü oluşturmaktadır.

4.1.2 Kontrol Grubu Öğretimi

Kontrol grubuna, davranışçı yaklaşımın ilkelerini temel alan geleneksel yaklaşım perspektifinde öğretim yapılmıştır. Kontrol grubu öğretimi 2 hafta (8) ders saati sürmüştür. Araştırmacı kontrol grubu öğretiminde öğretmen rolünü üstlenmiştir. Öğretmenin aktif olduğu, öğrencilerinse öğretmenin aktardıkları bilgileri aynen almaya çalışan kişiler olduğu fikriyle hareket edilmiştir. Öğretmen ders programından alt başlıkları, bu başlıklara ait ilkeleri öğrencilerine sunmaya çalışmıştır. Öğrenci fikirleri alınmadan, öğrenciler arasında sınıf etkileşimi kurulmadan bir öğretim gerçekleştirilmiştir.

4.1.2.1 Kontrol Grubu Öğretimine Kavramsal Açıdan Bakış

Kontrol grubu öğretimi ile ders programı ve içerikleri bakımından deney grubu öğretimi arasında farklılık bulunmamaktadır. Ancak öğretmen aktif bir öğretim yapıldığından öğretim daha kısa sürede tamamlanmıştır. Kontrol grubunda yapılan öğretim 8 ders saati (320 dk) sürmüştür.

Kontrol grubu öğretimine ait bölümlerin tanıtılmasından önce, Tablo 4.2’de öğretimde hangi deneylerin ve etkinliklerin yapıldığı, bu etkinliklerin kaç dakika sürdüğü ve her bir etkinlikte işlenen kavramsal temanın ne olduğu ile ilgili bilgiler sunulmaktadır.

Tablo 4.2: Kontrol grubu öğretimindeki bölümlerde yer alan etkinliklerin süreleri ve işlenen kavramsal temalar

Bölüm	Ders	Süre(dk)	İşlenen Kavramsal Tema
1	1	20	Çift yarıktaki girişimin açıklanması ve yol farkı
		20	Saçak aralığı ve saçak aralığı – dalga boyu ilişkisi

Tablo 4.2'nin devamı

	2	20	Çift yarığın beyaz ışıkla aydınlatılması, eş fazlı kaynak ve faz farkı kavramları
		20	Tek yarıқта girişimin açıklanması ve Huygens Prensibi
2	1	20	Saçak aralığı
		20	Tek ve çift yarıқта girişim desenleri arasında farklılıklar
	2	10	Işığın farklı saydam ortamlar arası geçişlerinde yansıma ve kırılma özelliğini bir arada göstermesi
		30	İnce zarda girişimin açıklanması
3	1	10	İnce zarın beyaz ışıkla aydınlatılması
		30	Hava kamasında girişimin açıklanması
	2	40	Hava kamasının beyaz ışıkla aydınlatılması
4	1	40	Çözme gücü ve çözülme kavramlarının açıklanması
	2	40	Işığın dalga modelinin genel tekrarı

Bölmelerin geniş açıklamaları ileride kontrol grubu öğretiminde açıklanacaktır.

4.2 Öğretimin Uygulanması

Bu bölümde deney ve kontrol gruplarına uygulanan öğretimin öncesindeki hazırlıklar, öğretim süreci, kullanılan materyaller hakkında bilgi verilmektedir.

4.2.1 Deney Grubuna Uygulanan Öğretim

4.2.1.1 Bölüm 1

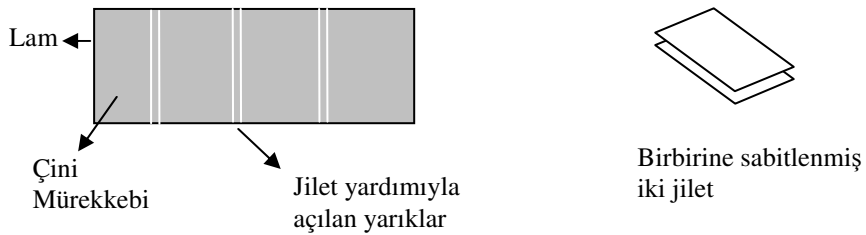
Bu bölümde çift yarıқта ışığın girişimi, çift yarıқта girişim deseninin nasıl oluşacağı, yol farkı ve saçak aralığı kavramları üzerinde durulmuştur.

Öğretim Öncesi Hazırlık

Çift yarıktaki girişim konusunun yapılandırmacı yaklaşım benimsenerek işleneceği dersi destekleyecek bir Microsoft Power Point sunusu hazırlanmıştır. Sunu, ışık hakkındaki fikirlerin tarihsel gelişimini ve ışık hakkında ortaya atılan fikirlerin sahibi olan bilim adamları hakkındaki bilgileri içermektedir. Aynı zamanda öğretmene yardımcı bir ders materyali rolündedir.

Ders öncesi hazırlık aşamalarının en önemlisi, çift yarık düzeneğidir. Bir lamın üzerine çini mürekkebi sürülerek belli bir süre beklenmiştir. İki jilet arasında bir kağıt parçası konulmuş ve oynamaması için seloteyp ile sabitlenmiştir. Elde edilen bu jilet sistemi ile çini mürekkebi üzerine birkaç tane çizik atılmıştır. Zamanla çini mürekkebinin bozulmaması için yeni bir lam, çini mürekkebinin üzerine kapatılmış (Şekil 4.2) ve sabitlenmiştir. Her bir grup için bu düzenek hazırlanmış ve aksilik çıkması göz önünde bulundurularak yedek çift yarık düzenekleri hazırlanmıştır.

Her grup masasına, ışık kaynağı, kırmızı filtre, güç kaynağı, masa kısıkaçları, statif çubuklar ve çift yarık düzenekleri konulmuştur. Öğrencilerin grup çalışmalarını kaydedecekleri boş kağıtlar, masalara yerleştirilmiştir.



Şekil 4.2: Çift yarık düzeneği

Öğretim öncesinde belirlenen öğrenci kazanımları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

- Çift yarıktaki girişimi açıklar.
- Işığın dalga modelini açıklar.
- Aydınlik – karanlık saçakların perde üzerindeki dizilimlerini açıklar.

- Saçak aralığı ve saçak aralığına etki eden faktörleri açıklar.

Ders 1

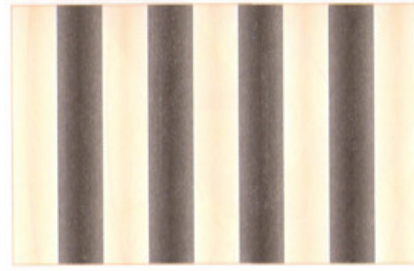
Ders daha önceden belirlenen grupların yerlerini almaları ile başlamıştır. Öğrencilerin başlangıçtaki gerginliklerini üzerlerinden atabilmeleri ve konuya ısınabilmeleri için; ışık hakkındaki görüşlerin tarihsel gelişimi ile ilgili bilgi Microsoft Powerpoint Programında hazırlanan sunu yardımıyla verilmiştir. Işık hakkındaki görüşlerin tarihsel gelişimi ile ilgili tarihsel bilgi Newton'un görüşleri ile son bulmuştur. Yapılandırmacı yaklaşımın temel alındığı bir dersin başlangıcında öğrencilere "ışığın dalga modeli" fikrini benimseyen bilim adamlarının bilgilerinin verilmesinin doğru olmayacağı düşünülmüştür. Şekil 4.3'de bilim adamları ile ilgili bilgi verilmesi bölümünün son basamağı görülmektedir. Öğrencilerin ilgisini çekmek ve ışığın tanecik modeli konusundaki düşüncelerini yeniden canlandırmak için bu şekil power point sunusu ile gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Newton'un ışık hakkındaki görüşleri

Arkasından öğrenciler önlerinde bulunan çift yarıklı düzeneklerine yönlendirilmiştir. Öğrencilerden ellerindeki düzenekleri kullanarak ışık kaynağına bakmaları ve gördüklerini önlerinde bulunan kağıtlara kaydetmeleri istenmiştir. Öğrencilere bu işlem için 4 dakika süre verilmiş ve öğretmen bu süreçte gruplar arasında dolaşarak, onlara klavuzluk etme görevini üstlenmiştir. Bu bölümde öğrencilere konu ile ilgili bir bilgi verilmemiştir. Sürenin sonunda öğretmen

öğrencilerin kağıtlara kaydettikleri çizimleri göstermelerini istemiştir. Her grubun şekli öğretmen tarafından tahtaya hızlı bir şekilde çizilmiştir. Öğrencilerin not aldıkları kağıtların bir örneği Ek E’de görülmektedir. Öğretmen bilgisayar sunusunu kullanarak bilimsel olarak görülmesi gereken şeklin nasıl olacağını göstermiştir. Şekil 4.4’de öğrencilere gösterilen çift yarıktaki girişim deseni görülmektedir.



Şekil 4.4: Çift yarıktaki girişim deseni

Öğretmen bu şekli gösterdikten sonra gruplara kendi aralarında bu şekli tartışmaları ve bu olayın nasıl açıklanabileceğini bulmalarını istemiş ve bunun için öğrencilerine 4 dakika süre vermiştir. Süre boyunca öğretmen grupları dolaşarak tartışmaları dinlemiştir. Sürenin sonunda sözcüler grup fikirlerini açıklamışlar ve fikirler hızlı bir şekilde öğretmen tarafından tahtaya yazılmıştır. Grupların verdiği yanıtlar aşağıda özetlenmiştir.

Grup 1: Yanıtsız

Grup 2: Işık dalgalar halinde yayıldığından girişim deseni oluşuyor. Tepe – tepe bir araya gelince aydınlık, çukur – çukur karanlık oluyor.

Grup 3:

1. Işık yarıklardan çıkarak girişim yapıyor ve gözümüze kesikli kesikli geliyor. Karanlık bölgelere ışık gelmiyor. Aydınlık bölgelere ışık geliyor. Işık açılıyor. Belli bölgeler artık ışık almıyor. Artık kesikli gözüküyor.

2. Yarıklar aydınlıkları, aradaki çini mürekkebi karanlıkları oluşturmuş olabilir.

Grup 4:

1. Belli bölgelere ışık geliyor. Belli bölgelere ışık gelmiyor.

2. Yarıkların ince olmasından kaynaklanıyor. Işık dağılıyor.

Yukarıda grupların verdiği yanıtlar görülmektedir. Grup 1 yanıt verememiş, Grup 4'den de iki yanıt alınmıştır. Öğretmen yeniden 2 dakikalık bir süre vererek bu yanıtların hangisinin ya da hangilerinin bilimsel görüşe daha yakın olabileceğini sormuştur. Bu süre içerisinde grupları dolaşarak tartışmaları dinlemiştir. Grupların fikirleri alınmış, sınıf içi tartışma ortamı oluşturulmuştur. Her grubun diğer grupların yanıtını incelemesi istenmiştir. Bilimsel görüşe en yakın olan yanıtlar Grup 2 ve Grup 3'ün yanıtlarıdır. Bu iki gruptaki öğrenciler daha önce dersanelerinin ve kendi okul öğretmenlerinin yaptıkları öğretime katıldıklarından dolayı ışığın dalga modeline dair girişim, ışığın dalgalar halinde yayılması gibi bazı noktaları hatırlamaktadır. Araştırmacı Grup 2 ve Grup 3'ün yanıtlarının üzerine gittiğinde gruplar kendi yanıtlarını açıklayamamışlardır. Bu durum öğrencilerin girişim gibi kavramları hatırladıklarını ancak bu kavramlara dair doğru bir anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Ayrıca tartışmada, kavramsal anlama testinin uygulanmasının ardından bazı öğrencilerin konuyu merak ederek okul defterlerini inceledikleri ortaya çıkarılmıştır.

Öğretmen tartışmanın ardından “bu olayı tanecik modeli açıklayabilir mi” sorusunu yöneltmiş ve tahtaya geniş iki yarık ve bu yarıkların arkasına bir ışık kaynağı koymuştur. Şekil 4.5'de görülen perde üzerinde nasıl bir görüntü oluşacağını sormuştur. Öğrenciler beraberce “iki aydınlık leke oluşacağı” yanıtını vermişlerdir. Öğretmen birkaç öğrenciye bu fikre katılıp katılmadıklarını sormuştur. Sınıfın genelinin bu fikri kabul ettiği anlaşılınca öğretmen sorularına devam etmiştir.

Öğretmen: Sizlerinde kabul ettiği gibi şu an bu perde üzerinde iki aydınlık leke oluşacak. Geri kalan bölümler ise karanlık. Aralığı küçülttüğümde ne olması gerekir?

D3: Aydınlık lekelerin küçülmesi gerekir.

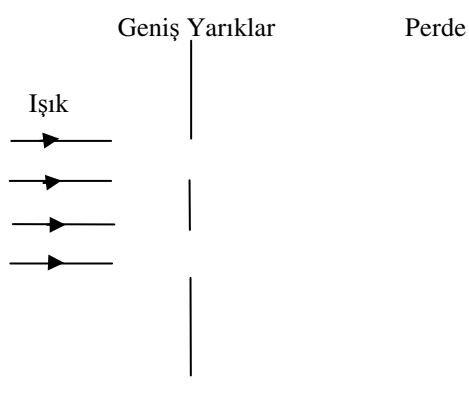
Öğretmen: Peki bu aralıkları iyice daraltıp bir jilet kalınlığına eşit olacak hale getirdiğimizde ne bekliyoruz? (Birkaç öğrenciye soruyor)

D19: Aydınlık lekelerin iyice küçülmesini.

Öğretmen: Arkadaşının fikrine katılıyor musun D4?

D4: Evet.

Öğretmen: Geometrik optik bilgilerimiz burada iki incecik aydınlık çizgi oluşması gerektiğini söylüyor. Ama olmuyor. Gördüğünüz gibi aydınlık – karanlık çizgiler oluşuyor. Demek ki; geometrik optik bilgileri bu olayı açıklamakta yetersiz kalıyor.



Şekil 4.5: Öğretmenin, çift yarıktaki girişimin tanecik modeli ile açıklanamayacağını açıklarken kullandığı çizim

Ayrıca ışığın dağılması (fotonların yarıktan sıçrayarak dağılması) fikri daha önce literatürde karşılaşılan bir durum olduğundan dolayı, araştırmacı ders öncesinde bununla ilgili bir materyal hazırlayarak öğrencilerine göstermiştir. Yarıktan çıkan ışığı “patlayan bir fişekten dağılan saçmalar” ile benzeştirerek, böyle bir durum olduğunda bu kadar muntazam aydınlık – karanlık saçakların oluşamayacağını belirtmiştir. “Işık niye dağılsın, yarıklar geniş olunca dağılmıyor, daralınca dağılır mı?” sorularını yönelterek bu dağılmanın da mümkün olmayacağını belirtmiştir.

Öğretmen çift yarıktaki girişimin açıklamasına, Grup 2 ve Grup 3’ün yanıtları ile başlamıştır. “İlk olarak bu girişim sözcüğü ile nerede karşılaştınız” sorusunu yöneltmiş, sınıftaki öğrencileri de konuşmalara katarak su dalgalarının hatırlanmasını sağlamıştır. Dalga leğenine batıp çıkan iki kaynaktan çıkan dairesel dalgaların belli noktalarda birbirini kuvvetlendirdiği, belli noktalarda ise birbirini söndürdüğü vurgulanmıştır. Dalga katarları ve düğüm çizgilerinin bu yolla oluştuğu vurgulanmıştır. Daha sonra “çift yarıktaki düzeneğinde gördüğünüz bu deseni acaba su dalgalarına benzeterek açıklayabilir miyiz” sorusunu yönelterek öğrencileri tartışmaya başlamıştır. Öğrencilerden D5 eskiden katılmış olduğu öğretimden hatırladıkları olduğunu, su dalgalarındaki bağıntıların aynılarının ışık içinde

kullanıldığını söylemiştir. Öğrencilerden D6, ışıktaki da sönümlenme ve kuvvetlendirme olabileceğini, böylelikle belli noktaların aydınlık, belli noktaların ise karanlık olabileceğini belirtmiştir. Öğretmen yine sınıfın bu fikirlere katılıp katılmadığını sormuştur. Genel itibariyle öğrenciler D6'nın fikirlerini mantıklı bulduklarını belirtmişlerdir.

Bu bölüme kadar öğrenciler aktif olmuşlardır. Öğretmen yalnızca bilişsel çatışmayı oluşturmakta ve öğrencilerin fikirlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu bölümden sonra öğretmen bilimsel görüşü tanıştırmıştır. Bilimsel görüşü tanıştırma işlemi sırasında bilgisayar sunusundan yararlanmışlardır.

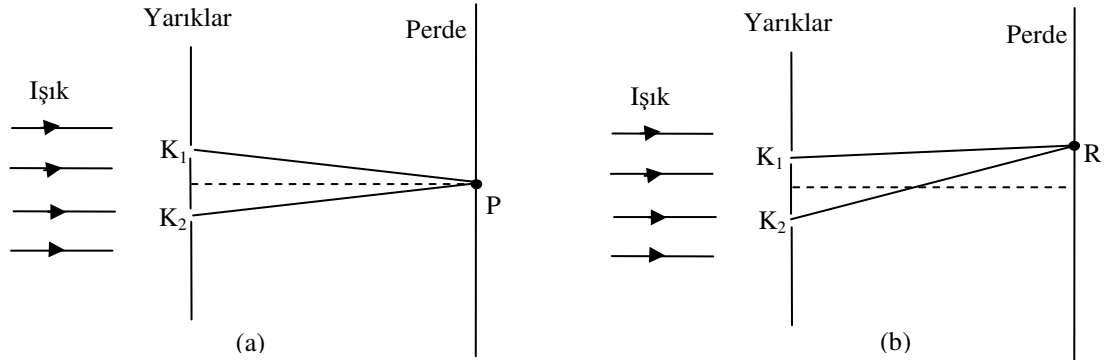


Şekil 4.6: Çift yarıқта girişimin modellenmesi

Öğretmen Şekil 4.6'daki bilgisayar sunusunu kullanarak çift yarıқта girişimi bilimsel olarak doğru şekliyle açıklamıştır. Işığın çift yarıқта girişim deseninin su dalgalarına benzetilerek açıklanabileceğini, ışığa artık bir dalga karakteri yüklediğinin altını çizmiştir. Perde üzerinde belli noktalarda ışık dalgalarının birbirini sönümlendiğini, belli noktalarda ise birbirini kuvvetlendirdiği vurgulanmıştır ve bu durum yine su dalgalarına benzetilmiştir. Öğretmen bu sırada eskiye dönerek, öğrenci fikirlerini yeniden gözden geçirmeye başlamıştır. Karanlık bölgelere ışık gelmediğini düşünen gruplara hala aynı fikri savunup savunmadıklarını sormuştur.

Öğrencilerden D16 bazı bölgelere gelmemesinin açıklanmasının mümkün olmadığını belirtmiş, “neden o bölgeye ışık gelmesin ki?” şeklinde bir ifade kullanmıştır. Sınıftaki bu fikri savunular da ona katılmışlardır. Ayrıca çukur – çukur girişiminin de aydınlık olacağı vurgulanmıştır.

Bu bölüm dersin yaklaşık 30 dakikalık bölümünü oluşturmaktadır. Öğretmen genellemeler konusunda öğrencileri yönlendirerek, su dalgalarının hatırlanmasını sağlamıştır. Su dalgalarındaki girişim deseninde bulunan düğüm çizgileri için yol farkının yarım dalga boyunun tek katlarına, dalga katarları için yol farkının dalga boyunun tam katlarına eşit olduğu üzerinde durulmuştur. Hatırlamanın ardından öğretmen perde üzerinde neye göre aydınlık, neye göre karanlık oluşacağını nasıl bulunacağını öğrencilere sormuştur. Bazı öğrenciler su dalgaları ile aynı bağıntıların kullanılabilirliğini vurgulamış olsalar da öğretmen bunlara hemen doğru ya da yanlış dememiştir.



Şekil 4.7: Öğretmenin çift yarıқта girişimi açıklarken kullandığı çizim

Öğretmen, Şekil 4.7.(a)'da görülen şekli oluşturmuş, P noktasına kaynakları birleştirerek öğrencilere K_1P ve K_2P doğruları için ne gözlemlediklerini sormuştur. Öğrenciler bu doğruların eşit olduklarını söylemiştir. Öğretmen, bu yanıtı aldıktan sonra “P noktasına, K_1 kaynağından çıkan ışığın tepesi ulaşıyorsa, K_2 kaynağının da tepesinin ulaşacağını” ve bu noktada güçlendirme olacağı, dolayısıyla bu noktanın aydınlık gözükeceğini belirtmiştir. Şekil 4.7.(b)'de görülen perde üzerinde başka bir R noktası alınmış ve yol farkı bir yarım dalga boyu olarak düşünülmüştür. Bu durumda R noktasında bir kaynaktan çıkan ışığın tepesinin, diğer kaynaktan çıkan ışığın ise çukurunun ulaşacağı belirtilmiştir. Tüm bu işlemler karşılıklı soru – yanıt

tekniki ile gerçekleştirilmiştir. Öğretmen arkasından öğrencilerine “Nasıl bir genelleme yapabiliriz?” sorusunu yöneltmiştir. Öğrencilerine 2 dakikalık süre vermiştir. Bu süre sonunda dört grubunda genel itibari ile doğruya yakın genelleme yapabildikleri görülmüştür.

Aşağıda gruplar ile (grup sözcüsü) öğretmen diyaloglarından önemli olanlar aktarılmış, bazı grupların ise sadece yanıtları verilmiştir.

Grup 1: Yol farkı λ 'nın tam katları ise aydınlık, $\frac{\lambda}{2}$ ise karanlık.

Öğretmen: Sadece $\frac{\lambda}{2}$ iken mi karanlık olur? O zaman 1 tane karanlık oluşması lazım.

Grup 1: Hayır, mesela 3, 5, 7 de olur.

Öğretmen: Nasıl yani?

Grup 1: Mesela $\frac{3\lambda}{2}$, $\frac{5\lambda}{2}$ gibi demek istedim.

Grup 2: Biz diyoruz ki; noktanın kaynaklara uzaklığı λ 'nın tam katı ise aydınlık, değil ise karanlık olur.

Öğretmen: Hangi uzaklık, noktanın kaynaklara uzaklığı iki tane, biri K_1 'e diğeri K_2 'ye.

Grup 2: (Başka bir öğrenci söze karışıyor)Aah. Yol farkı. İki uzunluğun farkı.

Öğretmen: Arkadaşın bak farkı diyor. Ne olacak?

Grup 2: Haklı hocam. Yanlış söylemişim.

Grup 3: Yol farkı dalga boyunun tam katı ise aydınlık olur. $\frac{\lambda}{2}$ nin tek katları ise karanlık olur. (Grup 3 doğru yanıt verdiği için yalnızca yanıt aktarılmıştır)

Grup 4: Yarıklara eşit uzaklıklarda bir birini güçlendirir aydınlık gözükür, yarıklara eşit uzaklıkta olmadığına bir birini sönlümler karanlık gözükür.

Araştırmacı: (Öğretmen Şekil 4.6'da görülen slayt üzerinde bir aydınlık seçip, kaynaklara birleştirmiştir) Sizce bu doğrular bir birine eşit midir?

Grup 4: Hayır. Değildir.

Araştırmacı: Ama aydınlık oluşmuş. Sizin söylediklerinize göre karanlık oluşmalı.

Grup4: ...Evet ama. Yanlış yaptık her halde.

Bu tartışmalardan sonra genelleme yapılarak, yol farkı yarım dalga boyunun tek katlarına eşit olduğunda karanlık, dalga boyunun tam katlarına eşit olduğunda aydınlık oluşacağı vurgulanmıştır. Birinci dersin sonu gelmiş ve zil çalmıştır.

Ders 2

Literatür taraması kısmında belirtildiği gibi, bazı öğrenciler ışığın dalga modeli öğretimini almış olsalar da, yol farkı alma konusunda problem yaşamaktadırlar. Grupların yanıtlarına bakıldığında Grup 2 ve Grup 4'ün yol farkı konusunda yanlış kavramalara sahip olduğu görülmektedir. Bu bulgu ile karşılaşılabileceği kaynak taraması sonunda elde edilenlerden tahmin edilmiştir. Dolayısıyla yol farkı ile ilgili bir etkinlik düzenlenmesi gerektiği düşünülmüştür.

Birinci bölümün ikinci dersinde, öğrencilere Ek E'de görülen çalışma yaprağı dağıtılmıştır. Orada bulunan *yol farkı* bölümü sorularını her öğrencinin yanıtlaması ve grup arkadaşları ile tartışması istenmiştir. Öğrencilere 2 dakika süre soruları yanıtlamaları için, 2 dakikalık başka bir süre de sorulara verdikleri yanıtları grup arkadaşları ile tartışmaları için verilmiştir. Sonuçlar sınıf ortamında tartışılmış yol farkı kavramı üzerinde önemle durulmuştur. Yol farkı kavramı öğretiminden sonra öğrenciler çalışma yapraklarında bulunan çift yarıktaki girişim ile ilgili genel sorulara yönlendirilmiştir. Öğrenciler Ders1'in sonunda ulaştıkları genellemeleri kullanarak soruları çözmeye çalışmışlardır. Öğrencilere yarım dakika süre verilmiş, sonra yanıtlar alınmıştır. Gönüllü bir öğrenci kalkarak sorunun çözümünü yapmıştır. Her sorunun ardından başka alternatif fikri olan öğrencinin bulunup bulunmadığı sorulmuştur.

2. dersin bundan sonraki 25 dakikalık bölümü saçak aralığı kavramı ile ilgilidir. Saçak aralığı; girişim desenindeki ardışık iki aydınlık çizgi ya da ardışık iki karanlık çizgi arasındaki uzaklık olarak tanımlanmaktadır.

Öğretmen etkinliğe başlamadan önce masalarda daha önce bulunmayan mavi filtreyi masalara koyarak öğrencilerin dikkatini konuya çekmeye çalışmıştır. Öğrencilere “Sizce şimdi nasıl bir etkinlik yapacağız?” sorusunu yönetmiştir. Öğrencilerden bazıları “önce kırmızı ışık ile sonra mavi ışık ile çalışacağız” yanıtını vermişlerdir. Öğretmen öğrencilerine 5 dakika vermiş, mavi ve kırmızı filtreyi kullanarak gözlem yapmalarını istemiştir. Öğretmen, öğrencileri önüne sırasıyla mavi ve kırmızı filtre konulan ışık kaynağına çift yarık düzeneği ile bakmaları konusunda yönlendirmiştir. Öğretmen grupları dolaşarak konuşmalara tanık olma fırsatı bulmuştur.

Öğretmen: Ne oldu D15?

D15: Hocam inceldi bu ya. Evet evet inceldi. Sık sık oldu.

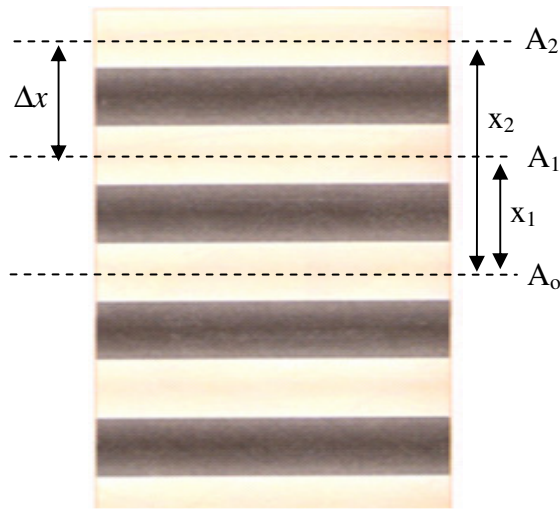
Öğretmen: Hangi renk ışıktaki oldu D15?

D15: Mavi ışıktaki hocam.

Öğretmen: Diğer arkadaşlarda bakınlar gördüklerinizi yazın.

Deney sürerken bazı öğrenciler fark göremediklerinden yakınmışlardır. Öğretmen diğer şartları değiştirmeden, sadece filtreyi değiştirerek ışık kaynağına bakmaları gerektiğini söylemiştir. Bu problem için kaynağa bakan kişinin hareket etmeden yerinde kalması ve başka bir arkadaşının filtreyi değiştirmesi çözümü bulunmuştur. Tam bu sırada D3 öğrencisi “hocam süper bir şey buldum” diyerek öğretmenin yanına koşmuştur. Öğrenci kaynağın yarısını mavi, diğer yarısını kırmızı ile kapatmış ve çift yarık düzeneği ile bu kaynağı bakmıştır. Öğretmen öğrencinin önerisini dikkate alarak kaynağı baktığında, çift yarık düzeneğinin yarısında ince mavi saçaklar ve diğer yarısında kalın kırmızı saçaklar görmüştür. Bu durum yapılandırmacı yaklaşım benimsenerek işlenen bir dersin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Öğretmenin (araştırmacının) o andaki problem için aklına gelen çözüm yoluna göre daha pratik ve daha verimli bir çözüm bir öğrenci tarafından bulunmuştur.

Grupların tümünün gözlemleri hızlı bir şekilde dinlenmiş ve grupların tümünün mavi ışık kullanıldığında saçakların incelendiğini gördükleri anlaşılmıştır. Öğretmen öğrencilerine yeniden bir 2 dakikalık süre vermiş ve bu durumun nedenini grupların tartışarak bulmalarını istemiştir. Grup 1, 3 ve 4 süre zarfında bir yanıt bulamamışlardır. Grup 2 ise dalga boyu ile ilgili olabileceğini söylemiştir. Öğretmen bu yanıtı doğru ya da yanlış demeden, öğrencilerinden saçak aralığını bağıntısını istemiştir. “Bana öyle bir ifade bulun ki saçaklar geniş mi yoksa dar mı, bu bağıntıya göre karar verebilelim” ifadesi ile öğrencilere yeniden 2 dakikalık süre vermiştir. Öğretmen grupları dolaşmaya başlamıştır. Grupların her hangi bir girişimde bulunamadıklarını görünce grup çalışmasını durdurmuş ve bir ipucu vermeye karar vermiştir.



Şekil 4.8: Saçak aralığı bağıntısını öğrencilerine buldurmaya çalışırken öğretmenin kullandığı çizim

Öğretmen öğrencilerinden Şekil 4.8’de görülen x_1 ve x_2 uzaklıklarını yol farkı-dalga boyu ilişkisinden (Ders 1’in sonundaki genellemeler) bularak aralarındaki farkı almalarını ve böylelikle Δx saçak aralığı ifadesine ulaşmalarını istemiştir. İpucu verilmesinin ardından öğrencilere 2 dakikalık bir süre verilmiştir. Bu süre sonunda Grup 2 ve 3 sonucu doğru olarak bulmuşlardır. Grup 2 ve 3’ün yanıtları doğru ya da yanlış denilmeden, nötr bir şekilde dinlenmiş, Grup 2’den bir öğrencinin işlemleri tahtada göstermesi istenmiştir. Bu işlemlere ve sonuca diğer öğrencilerin katılıp katılmadıkları sorulmuştur.

Öğrenciler, Ek E'de görülen *saçak aralığı* bölümündeki sorulara yönlendirilmiş ve her soru için yarım dakika süre verilerek sırayla toplam dört sorunun çözümü yapılmıştır. Öğrencilerden öğrenilen bölümler ile ilgili kalan soruları çözmeleri istenmiştir. Ayrıca bu dersin sonunda öğrencilerden günlük tutmaları istenerek, günlüklere derste öğrendiklerini, dersle ilgili olumlu ve olumsuz düşüncelerini yazmaları istenmiştir. Soru çözümü yapılmasının ve ödev verilmesinin ardından zil çalmış ve 1. bölümün 2. dersi böylelikle sona ermiştir.

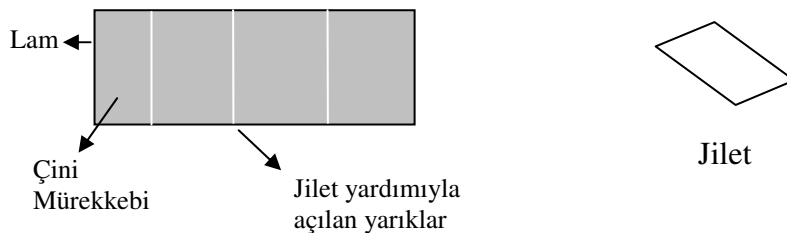
4.2.1.2 Bölüm 2

Bu bölümde, çift yarıktaki girişim konusu genişletilmiş, çift yarıktaki düzeneğin beyaz ışıkla aydınlatılması ve çift yarıktaki girişim desenine faz farkının etkileri konusu üzerinde durulmuştur. Ayrıca ilk dersin son 20 dakikalık bölümü ile ikinci dersin 20. dakikaları arasında tek yarıktaki girişim öğretimi yapılmıştır. İkinci dersin son 20 dakikalık bölümünde ise tek yarıktaki girişim deseni için saçak aralığı bağlantısına ulaşılmıştır.

Öğretim Öncesi Hazırlık

İkinci bölümün ilk dersine ait ilk 20 dakikalık bölümde çift yarıktaki öğretime devam edileceğinden bu bölüm için herhangi bir hazırlığa gerek duyulmamıştır. İkinci bölümün geri kalan kısmında ise tek yarıktaki öğretimi yapılmıştır. Dolayısıyla yapılandırıcı bir öğretimi destekleyecek bilgisayar sunusu hazırlanmıştır.

Öğrencilerin masalarına Bölüm 1'de belirtilen materyaller konulmuştur. Farklı olarak masalarda tek yarıktaki düzeneği bulunmaktadır.



Şekil 4.9: Tek yarıktaki düzeneğin hazırlanış aşamaları

Tek yarık düzeneğinin hazırlanması, çift yarık düzeneğinki ile benzerlik göstermektedir. Yalnızca iki jilet yerine tek jilet kullanılmıştır. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi jilet yardımıyla çini mürekkebinin üzerine çizgiler çekilerek, tek yarık sistemi oluşturulmuştur. Çini mürekkebinin dağılması için bu sistem üzerine yeni bir lam oturtulmuştur.

2. bölüme ait öğrenci kazanımları aşağıda belirtilmiştir.

- Çift yarık düzeneğinin beyaz ışıkla aydınlatılması sonucu oluşan deseni açıklar.
- Faz farkının girişim desenine etkisini açıklar.
- Tek yarıktaki girişimi Huygens Prensibini kullanarak açıklar.
- Tek yarıktaki girişim deseninde saçak aralığını tanımlar
- Saçak aralığı bağıntısını kullanarak, saçak aralığını etkileyen faktörleri ifade eder.

Ders 1

Bu derste öğrencilerden önüne bir filtre koymadan ışık kaynağına çift yarık düzeneği ile bakmaları, gördüklerini kaydetmeleri ve açıklamaları istenmiştir. Öğretmen gruplara 5 dakika süre vermiş, bu süre boyunca grupların arasında dolaşmıştır. Grup 1'deki öğrencilerden D10 ve D15 ile öğretmen arasındaki diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Öğretmen: Ne gördün D10?

D10: Hocam... Gözlerim bir acayip oldu.

Öğretmen: Neden?

D10: Çok parlak bu.

Öğretmen: Ne görüyorsun?

D10: Renkli görüyorum. Bazen kırmızı bazen yeşil, sarı da var. Acayip bir şey.

D15: Uf. Çok parlak görülyor.

D10: Evet. Süper.

D15: Gerçekten renkli görülüyor. Yeşil, sarı...

Öğretmen: Yalnız bir tane mi yeşil var ya da yalnız bir tane mi sarı var?

D15: Hayır...Bazı yerlerde sarı birkaç tane var. Yeşil de yine bir burada var bir de sağda var.

D10: Bakayım...Evet hocam. Bir tane değil?

Öğretmen: Neden acaba düşünün bakalım.

Bu etkinlikten sonra grupların sözcüleri öğretmen tarafından tek tek dinlenmiştir. Grupların yanıtları aşağıda aktarılmıştır.

Grup 1: Birkaç tane sarı birkaç tane yeşil gördük. Renkli yani.

Grup 2: Biz de renkli gördük ama karanlıklar da gördük.

Grup 3: Beyaz ışığın renklerini gördük. Dizilmişlerdi. Kırmızı, sarı, yeşil...

Grup 4: Bizde renklerin ayrıldığını gördük. Kırmızı, sarı, yeşil diye gidiyor. Arkadaşların dediği gibi bazı yerlerde de siyah gördük.

Öğretmen bu yanıtların alınmasından sonra “gördüğünüz bu deseni nasıl açıklarsınız” sorusunu yöneltmiştir. Bu soruya grupların verdiği yanıtlar ve bunun yanında bazı gruplarla öğretmen arasında geçen konuşmalar aşağıda aktarılmıştır.

Grup 1: Çift yarıktaki girişime benziyor ama burada beyaz ışık olduğu için değişik renkler gözüküyor.

Öğretmen: Çift yarığa neden benziyor.

Grup 1: Bize göre bu olayda da muhakkak girişim vardır. Ancak tabii ki tek renk yani tek dalga boyu yok burada. Birçok dalga boyunda ışık var. Değişik yerlerde değişik yerde oluşuyor.

Öğretmen: Değişik renklerin değişik yerlerde oluşma nedeni ne olabilir?

Grup 1: Dalga boylarına göre oluşmuş olabilirler. (Yol farkı ifadesini kullanma fikri ortaya çıkmamıştır.)

Grup 2: Beyaz ışık kullandığımızdan bizce de dalga boyu önemli. Değişik dalga boylarına sahip ışık bulunduğu için renkli görüyoruz. Karanlıklarda var. Bunlarda tepe ile çukurun girişimi ile oluşuyor.

Öğretmen: Perde üzerinde yani gözünüz üzerinde neye göre yeşil ya da neye göre kırmızı oluşuyor?

Grup 2: Bizce yol farkı. Yol farkı değiştikçe zaman zaman başka başka ışık renklerinin dalga boylarına eşit oluyor. (Grup 2 bilimsel görüşe ulaşabilmiştir.)

Grup 3: Bizde dalga boyu diyecektik ama yol farkının da etkisi olabilir.

Grup 4: Çift yarıktaki girişim olayıdır bizce de. Ama beyaz ışık içinde 7 farklı renk olduğundan 7 renk görüyoruz.

Öğretmen: Peki nasıl 7 rengi ayrı görüyoruz?

Grup 4: 7 renk ayrılıyor.

Öğretmen: Nasıl oluyor bu ayrılma?

Grup 4: ...

Öğretmen Grup 2 ve Grup 4'ün belirttiği gibi desende karanlıklar olduğunu belirtmiştir. Bu sırada öğretmen yanıtlarında karanlık gördüklerini belirtmeyen diğer iki gruptan desendeki karanlıkları görmeleri için çift yarık düzeneği ile beyaz ışığa tekrar bakmalarını istemiştir. Diğer iki grup tarafından deney kısa bir sürede tekrarlamıştır. Öğretmen bu karanlıkları açıklarken Grup 2'nin sahip olduğu fikri hatırlatmış ve diğer gruplara ne düşündüklerini sorarak tartışma başlatmıştır. Gruplar karanlıkları açıklaması bakımından Grup 2'nin fikirlerinin mantıklı olduğunu belirtmiştir. Öğretmen arkasından “neden farklı renklerini dizilimini görüyoruz” sorusunu yöneltmiş ve grupların yanıtlarını hatırlatmıştır. Öğretmen soru yanıt tekniği ile öğrencilerin görülen desenin açıklanması için dalga boyu – yol farkı ilişkisinin kullanılması gerektiği düşüncesi etrafında toplanmalarını sağlamıştır. Ardından öğretmen bilimsel görüşü tanıştırmıştır. Beyaz ışığın içindeki renklerin farklı dalga boylarına sahip oldukları, dolayısıyla yol farkı değiştikçe her defasında farklı renkteki ışığın dalga boyunun tam katlarına denk geleceği vurgulanmıştır. Böylelikle perde (göz) üzerinde farklı renklerin farklı noktalarda konumlanacağı belirtilmiştir.

Öğretmen bilimsel görüşü tanıştırdıktan sonra geriye dönerek grup sözcülerinin açıklamalarını yeniden gözden geçirmelerini istemiştir. Öğretmen özellikle Grup 4'ün yanıtı ile ilgilenerek “renklerin ayrılması” ile ne kast ettiklerini sormuştur. Grup 4 bu soruya açıklık getirememiştir. Öğretmen Grup 4'e olayın beyaz ışığın prizmadan geçirilmesi sonucu renklerine ayrılması olayına benzeyip benzemediğini sormuştur. Gruptaki öğrencilerden D1 benzediğini söylemiş, gruptaki diğer öğrenciler ortada farklı kırılma indisine sahip (cam prizma) söz konusu olmadığından benzemediğini söylemişlerdir. D1 öğrencisi arkadaşlarının doğru söylediğini belirtmiştir.

Çift yarık düzeneğinin beyaz ışıkla aydınlatılması etkinliğinden sonra faz farkı kavramının açıklanması süreci başlamıştır. Bu bölümdeki etkinlik su dalgalarında girişim konusundaki faz farkı kavramının hatırlanması ile başlamıştır. Öğretmen her gruptan bir öğrenciye söz vererek faz farkı kavramı hakkında ne bildiklerini sormuştur. Öğrenciler genel olarak “kaynaklardan birinin diğerine göre gecikmesi” şeklinde yanıtlar vermişlerdir. Öğrencilerin zihninde faz farkı kavramına dair yeterince bilgi olduğunun anlaşılmasından sonra öğretmen bilimsel olarak faz farkı kavramını bir kez daha hatırlatmıştır. Faz farkının kaynaklardan birinin diğerine göre gecikmesi olayının faz farkı olarak tanımlandığını belirtmiş ve öğrencilerine su dalgalarındaki girişim deseninin faz farkından nasıl etkilendiğini sormuştur. Öğretmen faz farkının su dalgalarındaki girişim deseni üzerindeki etkilerini kullanarak, çift yarıktaki girişim desenine faz farkının etkisine geçiş yapmak niyetindedir. Grup 1'deki D15 öğrencisi faz farkının su dalgalarında girişim desenindeki dalga katarları ve düğüm çizgilerinin geç kalan kaynak tarafına doğru kaydıracağını belirtmiştir. Bu sırada öğrenciler başlarını sallayarak hatırladıklarını ve bu fikre katıldıklarını göstermişlerdir. Öğretmen başka fikir olup olmadığını sormuş ve yanıt alamayınca bilimsel görüşü tanıştırmıştır. Faz farkının aynen su dalgalarında girişim deseninde olduğu gibi, çift yarıktaki girişim desenini de geciken kaynak tarafına doğru kaydıracağını belirtmiştir.

Etkinlikte her hangi bir deney gerçekleştirilmemiştir. Öğrenciler Ek E'de görülen faz farkı bölümündeki sorulara yönlendirilmiştir. Öğrencilere bireysel

olarak çözmeleri için her soru için yarım dakika, grup arkadaşları ile tartışmaları için 1 dakika süre verilmiştir. Her gruptan bir öğrenciye söz verilmiş, yanıtlar tartışılmıştır.

1. dersteki 3. etkinlik tek yarıktaki girişim ile ilgilidir. Öğretmen, öğrencilerine tek yarık düzeneğini tanıtmış ve nasıl hazırlandığından bahsetmiştir. Öğrencilere 5 dakika süre verilmiş, tek yarık düzeneğinden ışık kaynağına bakmaları, gördükleri deseni önlerindeki kağıtlara kaydetmeleri ve bu deseni açıklamaları istenmiştir. Öğretmen bu süre boyunca yine gruplar arasında dolaşarak diyaloglara katılmıştır.

Öğrenciler tek yarık düzeneğine bakmışlar ve genel olarak hepsi aydınlık – karanlık saçakları gördüklerini ifade etmişlerdir. Öğrencilerden bazıları ortadaki aydınlığın kalın olduğu sonucunu çıkarmıştır. Öğretmen bu fikri test etmek üzere ışık kaynağına tekrar bakmaları konusunda gruptaki diğer öğrencileri teşvik etmiştir. Grup 1 ve Grup 4’den parlaklıkların giderek azaldığı fikri gelmiştir. Çift yarıktaki böyle bir olay gözlemlenemediklerini belirtmişlerdir. Öğretmen bu fikri yazmalarının doğru olacağını söylemiştir. Sürenin sonunda öğrencilerden yanıtları istenmiştir. Grup sözcüleri çizdikleri şekilleri göstermiş ve fikirlerini açıklamıştır.

Grup1: Merkezi aydınlık saçak daha geniş. Parlaklık da giderek azalıyor. (D21 söze karışıyor) Hocam birde çift yarıktaki aydınlık oluşan yerde tek yarıktaki karanlık oluşuyor. (D21 eski bilgilerini hatırlayıp kullanmıştır)

Öğretmen: Bu kadar duyarlı gözlemleyebildin mi? (Sınıf gülüyor)

Diğer gruplar da Grup 1’e katılmıştır.

Öğretmen, “Peki bu olayın açıklanması konusunda ne düşündünüz” sorusunu yöneltmiş ve grup sözcülerinden yanıtları almaya başlamıştır. Tüm gruplar çift yarıktaki girişim konusunda kazandıkları alışkanlıkları kullanarak yapıcı ve bozucu girişim ile perde üzerinde aydınlık – karanlık saçaklar oluşacağını belirtmiştir. Öğretmen burada devreye girerek çelişkili olayı ortaya atmıştır.

Öğretmen: Çift yarıktan girişim oluyordu. Ancak iki kaynak vardı. K_1 ve K_2 kaynaklarından çıkan ışık perde üzerinde bazı noktalarda birbirini kuvvetlendiriyor, bazı noktalarda birbirini söndürüyordu. Ama iki kaynak vardı. Hani? Şimdi iki kaynak yok! Ne düşünüyorsunuz? 2 dakika süreniz var kendi aranızda tartışın.

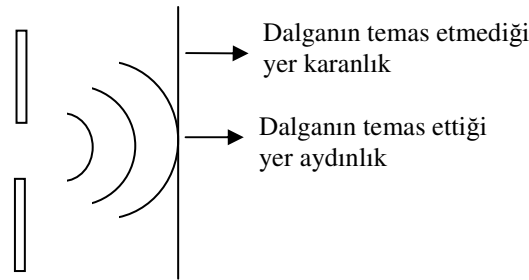
Öğretmen sürenin sonunda yanıtları almaya başlamıştır.

Grup 1: (D4 öğrencisi) Tek yarık olduğu için o kaynağın çukuru karanlık, tepesinde aydınlık oluşturur her halde.

Grup 2 ve Grup 4 yanıt verememiştir.

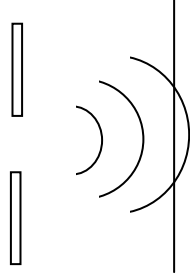
Grup 3: (D3 öğrencisi) Işık dalga dalga yayıldığı için, perdeye değen yer aydınlık, değmeyen yerler karanlık olabilir mi? (Öğrenci tahtaya Şekil 4.10'daki çizimi yapmıştır)

Tüm sınıftan bu çelişkili durumla ilgili yukarıdaki iki fikir ileri sürülmüştür. Bu öğrencilerin açıklamalarından girişimi kullanma alışkanlığı kazanamadıkları görülmektedir. Öğretmen bu fikirler üzerine sınıf tartışması başlatmıştır. Ancak arkadaşlarının fikirleri üzerine konuşmak isteyen öğrenci çıkmayınca, öğretmen etkin duruma geçmiştir. D4'ün söylediklerinin çift yarıktan öğrenilen girişim bilgileri ile ters düşüğünü, karanlık oluşumunun ancak bozucu girişim ile gerçekleşebileceğini belirtmiştir. Öğrenci çukuru olumsuz bir durum olarak algılayarak, onu karanlıkla özdeşleştirmiştir. Bulgular bölümünde detaylı incelenmiş olan bu duruma başka öğrencilerde de rastlanmıştır.



Şekil 4.10: D3 öğrencisinin tek yarıktan girişim deseni. Çizim, aydınlık ve karanlık saçakları açıklarken kullandığı çizim

D3 bu şekli çizerken, gruplardaki birkaç öğrencinin bu fikri onaylanmış gibi davrandıkları gözlenmiştir. Öğretmen “bu fikre katılıyor musunuz?” sorusunu yineleme ihtiyacı hissetmiştir. Birkaç öğrenci onlara mantıklı geldiğini söylemişlerdir. Öğretmen biraz düşündükten sonra Şekil 4.11’deki çizimi kullanarak bu olayın mümkün olmayacağını göstermiş, öğrenciler de tatmin olduklarını gösteren davranışlar sergilemişlerdir.

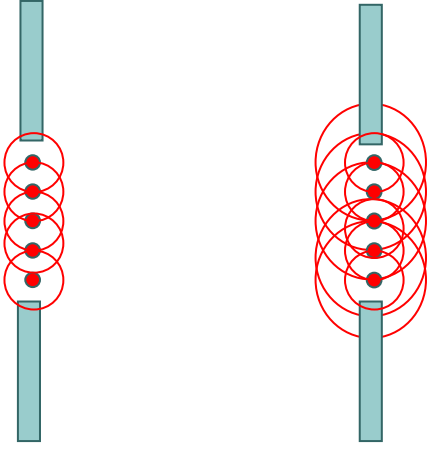


Şekil 4.11: Öğretmenin D3’ün tezini çürütebilmek için kullandığı çizim

Öğretmen Şekil 4.11’de görüldüğü gibi dalgaları biraz daha öteleyerek, zamanla dalgaın perde üzerinde temas ettiği noktanın değişmesi gerektiğini, dolayısıyla görülen aydınlık – karanlık çizgilerinin yerinin değişmesi gerektiğini vurgulamıştır. “D3’ün fikri doğru olsaydı, durağan değil değişen bir desen elde ederdik” yanıtını vermiştir.

Ders 2

İlk dersteki tartışmaların gözden geçirilmesi ile ikinci ders başlamıştır. Öğretmen daha önceden hazırladığı bilgisayar sunumu ile bilimsel görüşü tanıştırmıştır. Huygens Prensipli ve bunun tek yarıdaki uygulamasını açıklama aşamasına geçilmiştir.



Aydınlık ve karanlık saçakların oluşumu; yarığın farklı noktalarının oluşturduğu girişim şeklinde açıklanır.

Bu da Huygens Prensibinin sonucudur.

Şekil 4.12: Bilgisayar sunusundaki Huygens Prensibi ile ilgili bir slayt

Öğretmen Şekil 4.12'deki slayt ile Huygens Prensibini açıklamıştır. Huygens Prensibine göre ilerleyen bir dalga atmasının üzerindeki her noktanın yine bir dalga kaynağı gibi davranacağı belirtilmiştir. Tek yarıқта girişim deseninin de ancak yarığın farklı noktalarının girişimi şeklinde açıklanabileceği vurgulanmıştır.



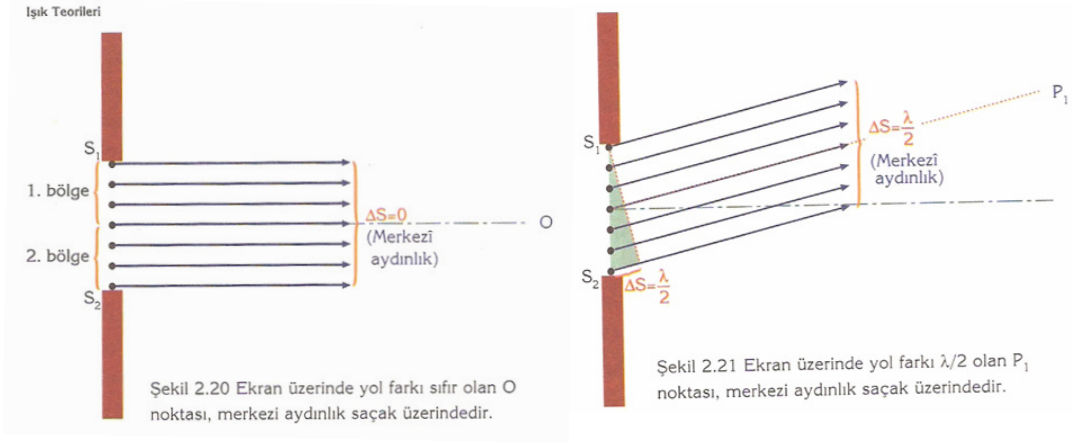
Sir Isaac Newton
(1642-1727)



Christiaan Huygens
(1629-1695)

Şekil 4.13: Huygens ve Newton

Öğretmen Şekil 4.13'de görülen slayt ile, Huygens Prensibi açıklanması sırasında Huygens ile ilgili kısa bir bilgi vermiştir. Bu durumun öğrencilerin dikkatlerini çektiği gözlemlenmiştir. Öğretmen yine hazırlamış olduğu slaytlar ile Huygens Prensibini tek yarığın için uygulamaya devam etmiştir.



Şekil 4.14: Öğretmenin Huygens Prensibini tek yarık için uygularken kullandığı slayt

Şekil 4.14’de örneklenen slaytlar eşliğinde perde üzerindeki yol farkı $0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3\lambda}{2}$ olan noktalarda aydınlık mı yoksa karanlık mı oluşacağına, öğrencilerin de katıldığı bir konuşma ortamı içerisinde karar verilmiştir. Daha sonra öğretmen öğrencilerine 2 dakika süre vererek, yol farkının 2λ ve $\frac{5\lambda}{2}$ değerleri için perde üzerinde hangi girişim çizgisinin oluşacağına karar vermelerini istemiştir. Öğrencilerin sonuçları tartışılmıştır. Öğretmen yine gruplardan genelleme yapmalarını istemiştir. Grupların genellemeleri tahtaya yazılmış ve tartışılmıştır. Tartışmanın sonunda $\Delta S = n\lambda$ ise karanlık ($n=1, 2, 3, \dots$), $\Delta S = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ ise aydınlık ($n=0, 1, 2, 3, \dots$) oluşur genellemesine ulaşılmıştır. Çift ve tek yarıktaki girişim bağıntılarının bir birinin tam tersi olduğu vurgulanmıştır. Öğretmen D21’in tek yarıktaki girişim desenine ait gözlemlerini hatırlatmıştır. Hatırlanacak olursa D21 “tek yarıktaki aydınlık oluşursa, çift yarıktaki karanlık olur” şeklinde bir ifade kullanmıştır. Öğretmen D21’in haklı olduğunu, perde üzerindeki bir noktada tek yarık düzeneği kullanıldığında aydınlık oluşmuşsa, çift yarık kullanıldığında aynı noktada karanlığın oluşacağını belirtmiştir. Öğretmenin D21’in sözlerini hatırlatması ile sınıf yeniden gülmeye başlamıştır.

Öğretmen, birinci bölümde (çift yarıktaki girişim konusunda) saçak aralığının nasıl bulunduğunu sormuştur. Öğrenciler Şekil 4.8’de görülen şekli hatırlatmışlardır. Öğrencilere 5 dakika süre verilmiştir. Saçak aralığı bağıntısına ulaşmaları istenmiştir. Grupların aralarında tartışarak saçak aralığını bulabilmek için girişimde bulunabildikleri gözlenmiştir. Grup 2 ve Grup 4 öğretmenin bağıntılarının kullanılması konusundaki küçük yardımları ile saçak aralığını veren bağıntılara ulaşabildiklerini gözlenmiştir. Grup 1 ve Grup 3 için öğretmen, Şekil 4.8’de görülen yöntemi tek yarıktaki girişim deseni için kullanmaları konusunda öğrencileri teşvik etmiştir. Gruplar bir süre daha çalışarak $\Delta x = \frac{L\lambda}{w}$ saçak aralığı bağıntısına ulaşmışlardır. Bir öğrenci kalkarak bağıntıyı tahtada bulmuştur. Öğretmen, bağıntıda yer alan niceliklerin artmasının ya da azalmasının saçak aralığını nasıl etkileyeceğini öğrencilerine sorarak tartışma ortamı oluşturmuştur. Öğrencilere Ek F’de görülen çalışma yaprakları dağıtılmış, her soru için yarım dakikalık süre verilerek soru çözümü yapılmıştır. Bu etkinliğin sonunda ders zili çalmış ve ikinci bölüm sona ermiştir.

4.2.1.3 Bölüm 3

Bu bölümde tek ve çift yarıktaki desenleri arasındaki farklılıklar üzerinde durulmuştur. Ayrıca ışığın farklı saydam ortamlar arası geçişlerinde, hem yansıma yapması hem de kırılmaya uğraması ile birlikte ince zarda girişim konusu üzerinde durulmuştur.

Öğretim Öncesi Hazırlık

Öğrencilerin masalarında, önceki derslerde kullanılan materyallerin tümü hazır bulundurulmuştur. Öğrencilere tek ve çift yarıktaki girişim desenleri arasındaki farklılıkları açıklarken kullanılabilecek bir bilgisayar sunusu hazırlanmıştır. Laboratuardan metal halkalar ve sıvı sabun edinilmiştir. Laboratuardaki ışık kaynaklarının yanında, 220 V ile çalışan floresan ampullü masa

lambaları bulundurulmuştur. Bu lambaların ince zarda girişim konusuna ait deneyde daha etkili olacağı düşünülmüştür.

3. bölüme ait öğrenci kazanımları aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Tek ve çift yarıktaki girişim desenleri arasında farklılıkları ifade eder.
- Tek ve çift yarıktaki girişim desenleri arasındaki farklılıkları aydınlık ve karanlık saçakların yerleşimi bakımından açıklar.
- Tek ve çift yarıktaki girişim desenleri arasındaki farklılıkları merkezi aydınlık saçak genişlikleri bakımından açıklar.
- Tek ve çift yarık desenleri arasındaki farklılıkları aydınlık saçakların parlaklıkları bakımından açıklar.
- Işığın farklı saydam ortamlar arasındaki geçişlerinde hem yansıma hem de kırılmaya uğrama özelliklerini bir arada göstermesini ışığın dalga modelini kullanarak açıklar.
- İnce zarda girişimi açıklar.
- Kalınlığı sıfırdan başlayarak artan bir zar üzerinde aydınlık – karanlık saçakların dizilimini açıklar.
- İnce zarda yol farkının bulunuşunu açıklar.

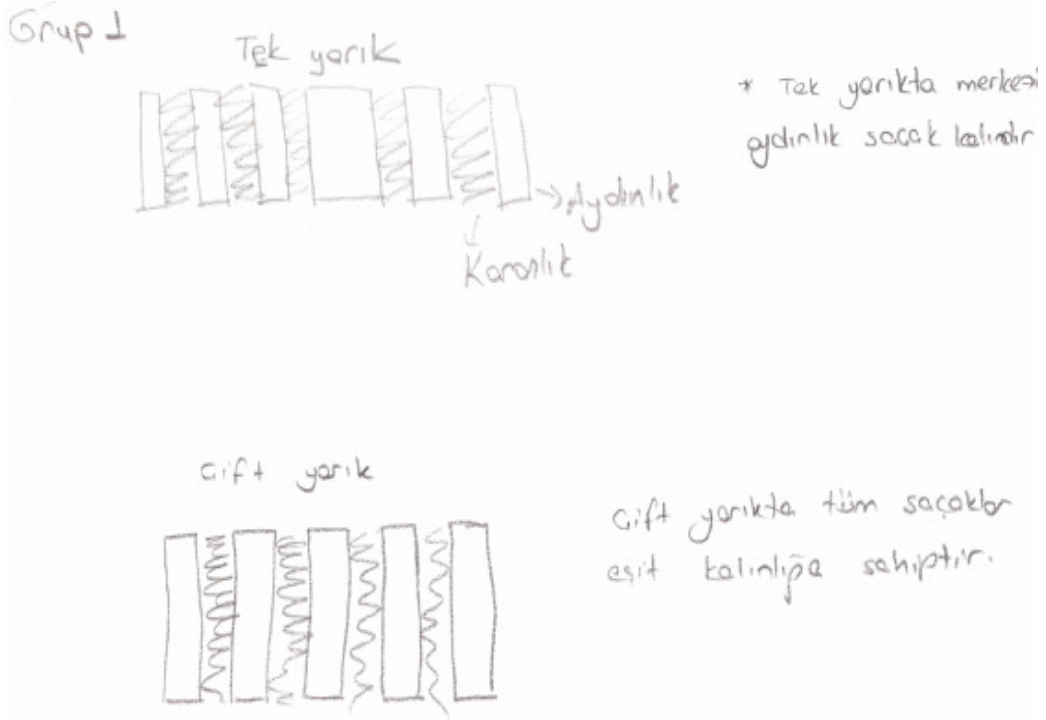
Ders 1

3.bölüme ait 1.dersin ilk etkinliği bir önceki öğrenilenlerin yeniden hatırlanması ile başlamıştır. Öğretmen öğrencilerine sorular sorarak bilgilerin hatırlanmasını sağlamıştır. Gruplara beş dakikalık süre vererek, tek ve çift yarık düzenekleri ile ışık kaynaklarına tekrar bakmaları ve farklılıkları kaydetmelerini istemiştir. Öğrenciler bu süre içinde grup çalışması yaparak, belirledikleri farklılıkları kaydetmişlerdir. Öğrencilerin kaydettikleri iki önemli fark aşağıda aktarılmıştır.

- Merkezi aydınlık saçığın diğer saçaklardan kalın olması

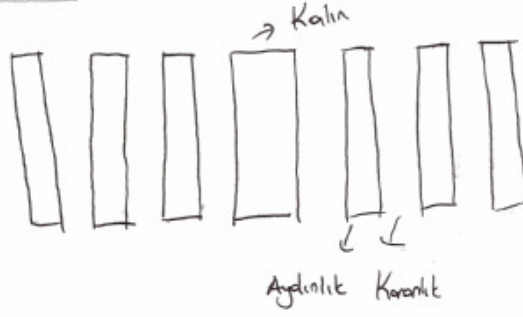
- Tek yarıktaki girişim deseninde merkezi aydınlık saçaktan itibaren gittikçe aydınlık saçakların parlaklıklarında azalmanın olması. Çift yarıktaki ise parlaklıkların aşağı yukarı aynı olması.

Öğrencilerin tek ve çift yarıktaki girişim desenleri arasındaki farklılıklar bakımından gözlemleri ve bu gözlemleri kaydettikleri kağıtlarındaki şekiller aşağıda aktarılmıştır.



Şekil 4.15.(a): Tek ve çift yarıktaki desenleri arasındaki farklılıklar bakımından Grup 1'in gözlemleri

Grup 2



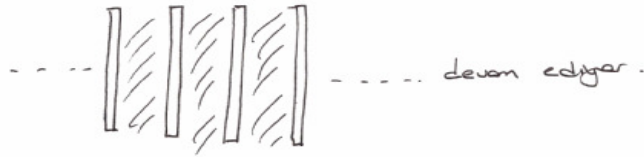
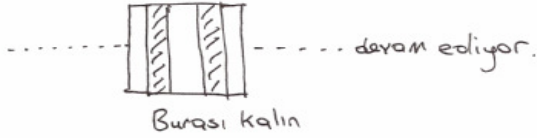
Tek yarıқта ortadaki aydınlık saçak kalındır.



çift yarıқта saçakların hepsi aydıdır.

Şekil 4.15.(b): Tek ve çift yarık desenleri arasındaki farklılıklar bakımından Grup 2'nin gözlemleri

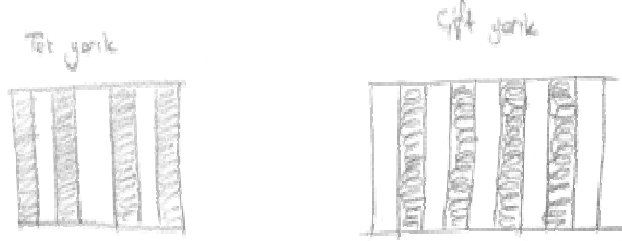
Grup 3



- * Tek yarıқта merkezde ^{daha geniş} aydınlık saçak oluşuyor.
- * Çift yarıқта saçakların hepsi eşit kalınlıktadır.
- * Çift yarıқта aydınlık saçakların yerinde tek yarıқта karanlık görürüz.

Şekil 4.15.(c): Tek ve çift yarık desenleri arasındaki farklılıklar bakımından Grup 3'ün gözlemleri

Grup 4: Düşünce çizimler gösterdik, Havaanın kalınlığının azaldığı, bu bölgelerde kalın çizimler ve vızıltıya inceleme çizimleri gösterdik



Tek yarıktaki merkezi parlaklık sadece daha geniş çift yarıktaki parlaklığı ile aynı kalınlıktadır.
Tek yarıktaki parlaklıklar giderek azalır.

Şekil 4.15.(d): Tek ve çift yarık desenleri arasındaki farklılıklar bakımından Grup 4'ün gözlemleri

Öğretmen bu yanıtları tahtaya yazmıştır. İkinci bölümde Grup 1 ve Grup 4'ün söyledikleri parlaklıkların azalma fikri diğer grupların da dikkatini çekmiş ve tüm gruplar bu deneyi gerçekleştirdikten sonra iki desen arasındaki farklılık olarak bu durumu dile getirmişlerdir.

Öğretmen öncelikle öğrenciler tarafından ortaya atılan birinci farklılığı tartışmaların için öğrencilere yeniden 2 dakikalık süre vermiştir. Öğrenciler tartışırken grupların net bir sonuca ulaşamadıkları gözlenmiştir. Öğretmen bu bölümde devreye girerek her gruptan tek ve çift yarıktaki bağıntıları yazmalarını ve bir kez daha düşünmelerini istemiştir. Grup tartışması sırasında öğretmen ile grup üyeleri arasındaki aşağıdaki gibi bir diyalog geçmiştir.

Grup 2: (D5) Hocam yol farkı $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda çift yarıktaki 1.karanlık oluyor. Tek yarıktaki ise $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda 1.aydınlık oluyor. Yani birinde aydınlık ise diğerinde karanlık.

Öğretmen: Katılıyorum. Tek yarıktaki yol farkı sıfır olursa ne olur?

Grup 2: (D13) Karşısı değil midir? Sıfır olan yer. Yani yol farkı.

Öğretmen: Karşısı dediğin yer neresi?

Grup 2: Yarıkların tam karşısı.

Öğretmen: Neresidir orası?

Grup2: Merkezdeki aydınlıktır.

Öğretmen: Dikkat ettiniz mi? Tek yarıktaki yol farkı sıfır iken ve $\frac{\lambda}{2}$ iken aydınlık oluyor.

(Öğrenciler anlamaya çalışırlar ve öğretmen öğrencileri yalnız bırakarak başka gruba yönelir)

Grup tartışması bittikten sonra, grupların yanıtları alınarak tahtaya yazılmış ve her bir grubun yanıtı tartışılmıştır. Grup 1 yanıt veremezken, diğer gruplar öğretmenin verdiği ipuçlarını kullanarak doğru yanıtla çok yakın ifadeler ile açıklama yapmışlardır.

Öğretmen sunusundaki slaytlar yardımıyla bilimsel görüşü tanıştırmıştır. Çift yarıktaki yol farkı sıfır olduğunda merkezi aydınlığın oluşacağını, yol farkı $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda karanlık oluşacağını vurgulamıştır. Ancak tek yarıktaki girişimde yol farkı hem sıfır hem de $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda merkezi aydınlık oluşacağını ve merkezi aydınlık saçığının bu nedenle diğer saçaklara göre geniş olacağını belirtmiştir. Bu açıklamaların tümünü öğrencileri soru – yanıt tekniği ile konuşmalara katılımlarını sağlayarak gerçekleştirmiştir.

Öğretmen, öğrencilerin gözlemleri sonucunda ortaya çıkardıkları ikinci farklılığı açıklayarak bu konuda ne düşündüklerini sormuştur. Öğrencilere yeniden 4 dakikalık süre verilerek, onlardan tartışmaları ve grup fikirlerini açıklamaları istenmiştir. Öğretmen gruplar arasında dolaşarak tartışmalara katılmıştır. Grup 3’de öğretmenin bir öğrenci ile yaşadığı diyalog önemli olduğundan aşağıda aktarılmıştır.

Grup 3: (D7) Hocam tek yarıktaki ışık direkt karşıtı gördüğünden dolayı olabilir mi?

Öğretmen: Nasıl yani?

Grup 3: Mesela ortaya gelen ışık karşıya direk vuruyordur. Orası daha parlak oluyordur.

Öğretmen: Ortadaki aydınlık saçığı bu şekilde açıklıyorsun, peki karanlıkları nasıl açıklarsın?

Grup 3: Onları da işte bu kuvvetlendirme, sönümleme girişimle açıklarız.

Öğretmen: Girişimi yapan ışık nerede, ışık direk karşıya vurur demedin mi?

Grup 3: O da mesela yarığın uç ışıkları. Ortadakiler değil, onlar direk karşıya vuruyor.

Gruptan son olarak alınan yanıt bu yönde olmasa da öğrencinin söyledikleri önem taşımaktadır. Öğrenci hibrit modele doğru kaymıştır. Öğretmen gruptan bu yanıtı alamasa da D7'nin yanıtı tahtaya yazılmıştır. Bu yanıtın tartışılması bölümünde öğretmen, D7'nin fikirleri hakkında öğrencilerin ne düşündüğünü sormuştur. Daha sonra sınıfa çift yarıktaki girişim deseninde ne görüldüğü sorulmuştur. Öğrenciler hep bir ağızdan aynı genişlikte aydınlık – karanlık saçaklar gördüklerini söylemiştir. Bunun üzerine öğretmen aşağıdaki açıklamayı yapmıştır.

Öğretmen: Eğer D7'nin dediği gerçekleşseydi, çift yarıktaki da iki tane kalın saçak görmemiz gerekmez miydi? İki yarığın ortası karşıyı aydınlatırdı, uçlarda girişim yaparlardı ve iki tane geniş aydınlık saçak ve onların yanına dizilmiş aydınlık – karanlık saçaklar görürdük.

D7: Ama hocam çift yarıktaki üst üste gelmiş olabilir.

Öğretmen: Ne diyorsunuz olabilir mi böyle bir şey?

D21: Üst üste gelse de en az bir geniş çizgi gözlerdik bence, o yüzden çift yarıktaki da en az bir kalın çizgi oluşurdu.

Öğretmen: Ama oluşmadı.

D21: Kesinlikle oluşmadı.

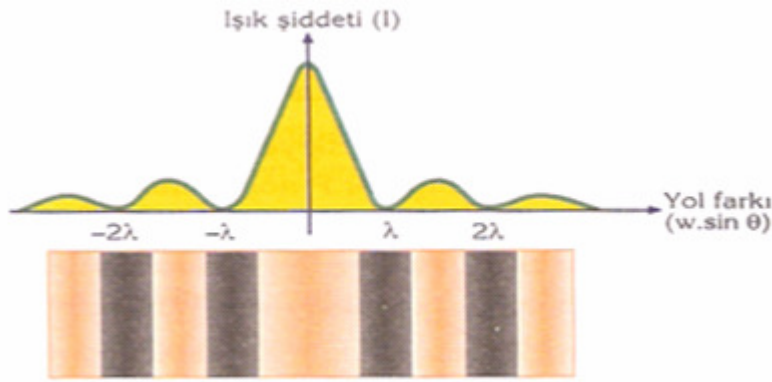
Öğretmen: Bu fikir sanki bu olayı açıklamakta yetersiz kalıyor gibi geldi bana.

Bu öğrenci fikri, Ambrose ve ark (1999)'nın yaptıkları çalışmada da kendini göstermektedir. Önemli bulunduğundan aktarılmıştır. Ancak D7 ile aynı grupta olan öğrencilerden doğru yanıtın alındığı da burada belirtilmelidir.

Grup 3: (D3) Anlatırken kullandığınız sunularda olduğu gibi merkezi aydınlık saçaktan itibaren gittikçe parlaklık azalıyor. Bunun nedeni, yarığın her defasında daha küçük bir bölümünün bir birini kuvvetlendirerek aydınlık oluşturması. (Bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir)

Grup 4: (D1) Aydınlanma şiddetine bağlı olabilir mi? Uzaklaştıkça açı artıyor. Kosinüs azalıyor. (Aydınlanma şiddeti ışığın normalle yaptığı açının kosinüsü ile orantılıdır ve Grup 4'ün verdiği doğru bir yanıtıdır)

Grup 1 ve 2 den yanıt alınamamıştır. Bu andan itibaren öğretmen yanıtları olarak soru – yanıt tekniğini kullanarak bilimsel görüşü tanıştırmıştır.



Şekil 4.16: Tek yarıқта ışık şiddetinin, yol farkına bağlı değişim grafiği

Öğretmenin bilgisayar sunumunda kullandıklarına bir örnek Şekil 4.16'da görülmektedir. Öğretmen Huygens Prensibinin tek yarıқта girişime uygulanması aşamalarını hatırlatmıştır. Grup 3'ün yanıtının doğru olduğunu, merkezi aydınlık saçaktan itibaren uçlara doğru gidildikçe yarığın daha az bir bölümünün perdeyi aydınlatacağını vurgulamıştır. Aynı zamanda aydınlık saçakların parlaklıklarının merkezden uçlara doğru gittikçe azalmasının bir nedeni olarak da aydınlama şiddetinin uzaklıkla azalmasını göstermiştir. Ayrıca Grup 4'ün yanıtının da doğru olduğunu merkezden uçlara doğru gidildikçe ışığın yüzeyin normali ile yapacağı açının büyüyeceğini dolayısıyla aydınlama şiddetinin azalacağını belirtmiştir. Öğretmen ders sonu yaklaşırken, öğrencilerinden günlüklerine bugün öğrendiklerini

muhakkak yazmalarını istemiştir. Böylelikle üçüncü bölümün ilk dersi sonra ermiştir.

Ders 2

Üçüncü bölümün ikinci dersi başladığında öğretmen, öğrencilere, bilgisayar sunusu yardımıyla sorular yöneltmiş ve 2 dakikalık bir süre vermiştir. Bu sorular:

- Camda kendimizi görmemizin nedeni nedir?
- Bir su birikintisine baktığımızda kendimizi görme nedenimiz nedir?
- Denizin mavi görülmesindeki neden nedir?

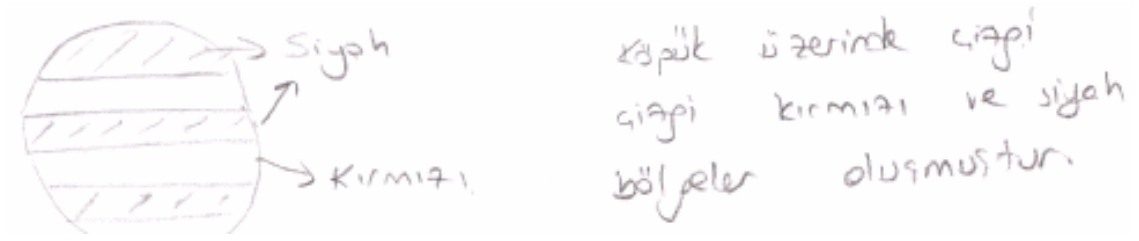
Öğrenciler aralarında tartışmışlar ve öğretmen yanıtları almıştır. Tüm gruplardan ışığın yüzeyden yansıma yapacağı fikri ortaya çıkmıştır. Öğrenciler cam üzerinde görüntü oluşumunu düz aynada görüntü oluşumu şeklinde açıklamışlardır. Öğretmen ön görüşmelerde olduğu gibi, az yoğun dan çok yoğun ortama geldiğinde geometrik optik kurallarına göre yansımanın olamayacağını, ancak ışığın normale yaklaşarak kırılması gerektiğinin altını çizmiştir. Çelişkili olayın verilmesi ile birlikte öğrencilere 1 dakika süre daha verilmiş ve bir grup kararı çıkarmaları istenmiştir.

Grup 2, yansımanın olması gerektiğini söylemiş ancak, öğretmenin ortaya atmış olduğu çelişkili olayı açıklayamamıştır. Diğer gruplar ise olaya bir çözüm getirememiştir. Öğretmen tartışmayı keserek yay dalgalarını hatırlamalarını istemiştir. Öğrencilere hafif yaydan ağır yaya gelen bir atmanın ve ağır yaydan hafif yaya gönderilen atmanın nasıl davranacağı sorulmuştur. İki öğrenciden bu iki durumu tahtada göstermeleri için yardım istenmiştir. Öğretmen “size bu durumu neden hatırlatmış olabilirim” diye sormuş ve öğrencilerden sonuca ulaşmalarını beklemiştir.

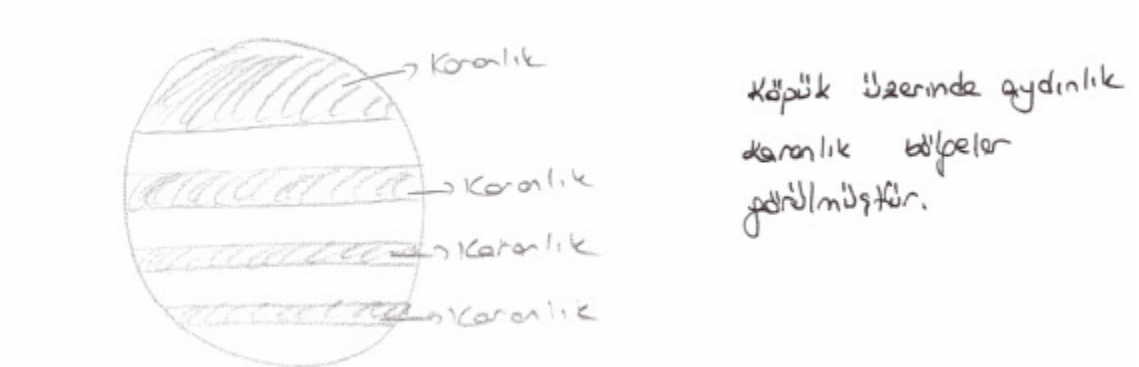
Grup 2’deki D5 öğrencisi hafif yaydan ağır yaya geldiğinde atmanın yansıma ve iletim yaptığını ışığında böyle davranabileceğini belirtmiştir. Birkaç öğrencinin bu sırada fikri benimsediklerini göstermek için başlarını salladıkları gözlenmiştir.

Öğretmen “arkadaşınızın fikrine katılıyor musunuz” sorusunu yöneltmiştir. Sınıfta birçok öğrenci D5’in söylediklerini onaylamıştır. Alternatif bir fikir çıkmayınca öğretmen bilimsel görüşü tanıştırmıştır. Işığın az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken de bir miktarının yansıma yapacağını, bu olayı ancak ışığın dalga modelinin açıklayabileceğini vurgulanmıştır. Geometrik optik bilgileri ile açıklanamayacak bir durum olduğu da ayrıca belirtilmiştir.

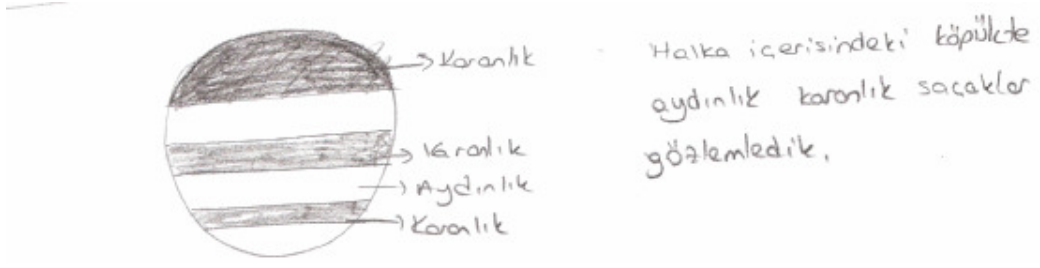
Dersteki ikinci etkinlikte öğretmen, içince sıvı sabun bulunan cam kabı sınıfın ortasına koymuş ve metal halkaları öğrencilere dağıtmıştır. Öğrencilerden, sıvı sabunu kullanarak köpük elde etmelerini ve sonrasında buna kırmızı ışık ile bakmalarını istemiştir. Öğrencilere deneyi yapmak ve gözlemlerini önlerinde bulunan kağıtlara yazmak için 5 dakika süre vermiştir. Öğrenciler deneyi yaparken öğretmen gruplar arasında dolaşarak gözlemlere katılmıştır. Grupların her birinden bir öğrenci çağrılarak, grupların uzlaşarak kaydettikleri şekilleri tahtaya çizmeleri istenmiştir. Grupların çizimlerinin bilimsel olarak doğru olduğu ortaya çıkmıştır. Şekil 41’de grupların verdiği yanıtlar görülmektedir.



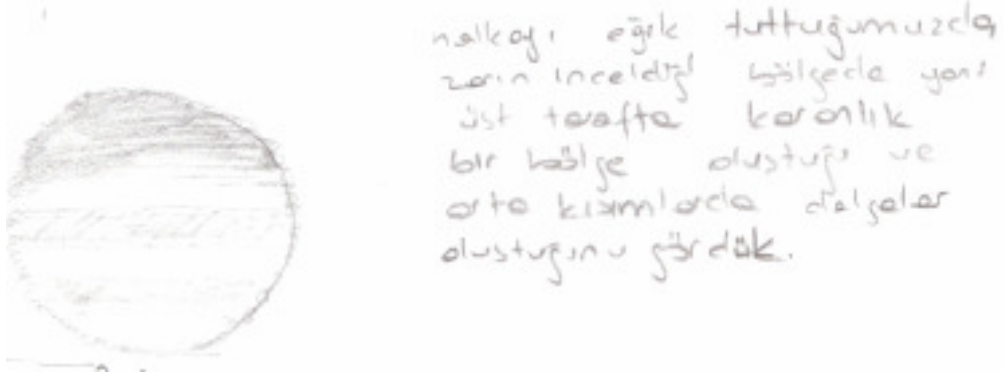
Şekil 4.17.(a): Grup 1’e ait çizim



Şekil 4.17.(b): Grup 2’ye ait çizim



Şekil 4.17.(c): Grup 3'e ait çizim

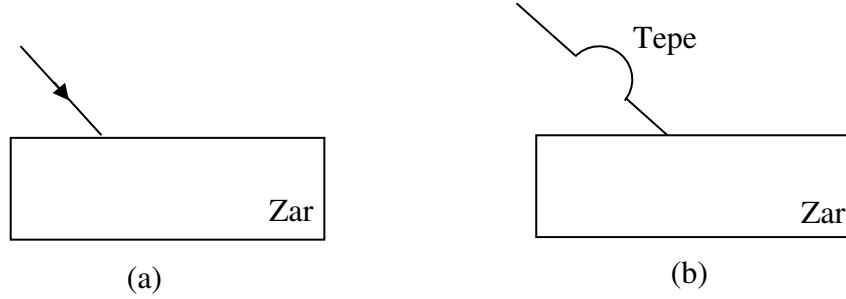


Şekil 4.17.(d): Grup 4'e ait çizim

Bu çalışmadan sonra öğrencilere bilgisayar sunusu yardımıyla bilimsel olarak görmeleri gereken desen gösterilmiştir. Öğrencilere kendilerinin çizdikleri ile bilimsel olarak görmeleri gereken arasında bir fark olup olmadığı sorulmuştur. Öğrencilerin kaydettikleri şekillerin bilimsel olarak görmelerin gerekenle aynı olduğu gözlenmiştir. Öğretmen 2 dakikalık bir süre daha vererek öğrencilerden bu olayı açıklamalarını istemiştir.

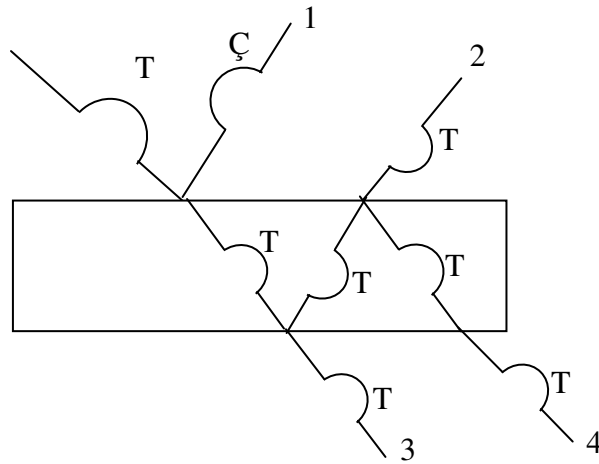
Grup 2 ve 3 aydınlık – karanlık saçakların oluşabilmesi için girişimin şart olduğunu ancak olaya tam olarak bir açıklama getiremediklerini belirtmişlerdir. Öğrencilerde aydınlık – karanlık saçaklar için “girişimdir” açıklamasını yapma durumu ilk defa belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Öğretmen, olayı tam olarak açıklamakta zorlanan öğrencilere bir ipucu vermiştir. Öğrencilere “su birikintisinin üzerinde kendimizi nasıl görüyorduk?” şeklinde bir soru sorarak ışığın farkı bir saydam ortam yüzeyine geldiğinde hem yansıma yapacağı hem de kırılmaya uğrayacağına hatırlanmasını sağlamıştır. Öğrenciler bu sorunun arkasından, ışığın hem yansıma hem de kırılma özelliğinin kullanılacağını anlamış gözükmüşlerdir. Ancak bir sessizlik olmuş öğrenciler ne yapacaklarını bilemeyen bir tavır içerisine

girmişlerdir. Öğretmen ipucunu biraz daha genişleterek, Şekil 4.18’de görülen çizimi yapmış ve öğrencilerine ışığın köpükte izleyeceği yolu göstermelerini istemiştir.



Şekil 4.18: Öğretmenin, öğrencilerine ince zarda girişimi açıklamalarına yardımcı olmak amacıyla verdiği ipucunu gösteren şekil

Öğretmen Şekil 4.18.(a)’da görülen zar üzerine bir ışık düşürmüş ve bu ışığın izleyeceği yolu öğrencilerin çizmelerini istemiştir. Grupları dolaşarak çizimlere yardımcı olmuştur. Gruplar çizimi tamamladıktan sonra “gelen ışığın tepe olduğunu düşünün ve yansıyan ve kırılan ışınların tepe mi yoksa çukur mu olduğuna karar verin” ifadesini kullanmıştır (Şekil 4.18.(b)). Öğretmen yine grupları dolaşarak öğrenciler arası tartışmalara katılmıştır. Onlara gerektiğinde çizimleri konusunda yardımcı olmuştur. Çalışma sonunda öğrencilerden biri ile birlikte tahta doğru çizim (Şekil 4.19) yapılmıştır. Bu çizim yapılırken az yoğun ortamdan çok yoğun ortama gelen ışık için, hafif yaydan ağır yaya gelen bir dalga benzetmesi yapılmıştır.



Şekil 4.19: Tepe olarak gelen ışığın zar içindeki ilerleyişi

Öğretmen öğrencilerine yeniden bir dakikalık süre vererek, aydınlık – karanlık saçakları açıklamalarını istemiştir.

Grup1: (D10) Tepe ve çukurlar söniümlüyor olabilir yine.

Grup 2: (D12) Üstteki tepe ve çukurun bir birini söniümlemesinden kaynaklanabilir mi?

Grup 2: (D5) Bende katılıyorum, altta da tepe ve tepe üst üste gelir ve aydınlık olur.

Grup 1 ve Grup 2’den gelen görüşlerden sonra, Grup 3 ve Grup 4’teki öğrencilerin de bu fikirlere katıldıkları görülmüştür. Öğrencilerin bu fikrine göre üst tarafta yalnızca karanlık, alt tarafta yalnızca aydınlık oluşması gerekmektedir. Oysaki öğrenciler birden fazla aydınlık ve karanlık saçak görmüşlerdir. Öğrencilere bu durum sorulmuş ve zihinlerinde yeniden bir karmaşa ve organizasyon süreci başlatılmıştır. Öğrencilere “metal levhayı açılı bir şekilde tutmamızın nedeni nedir?” şeklinde sorular yönelmiştir. Öğretmenin buradaki amacı zar (köpük) kalınlığının girişim deseninin etkileyeceğini öğrencilerine göstermektir. Öğretmen tartışmanın sonunda Şekil 4.19’deki 1 – 2 ve 3 – 4 ışınları arasındaki yol farkının ne olabileceği sorusunu yönelmiş ve sınıftan ses çıkmayınca yol farkının nasıl bulunacağını açıklamaya başlamıştır. Işığın geldiği taraftan bakan gözlemci için yol farkının $2d + \frac{\lambda_z}{2}$, ışığın geçtiği taraftan bakan gözlemci için yol farkının $2d$ olduğunu belirtmiştir. Işığın geldiği taraftan bakan gözlemci için yol farkı ifadesindeki $\frac{\lambda_z}{2}$ niceliğinin Şekil 4.19’deki 1 numaralı ışığın çukur, 2 numaralı ışığın tepe olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Öğretmen, öğrencilerinden bu bilgi ile birlikte aydınlık – karanlık saçakların zar üzerinde dizilimlerini açıklamalarını istemiştir. Öğrencilere 1 dakikalık tartışma süresi vererek grup çalışmasını teşvik etmiştir. Öğrencilerin verdikleri yanıtlar aşağıda aktarılmıştır.

Grup 1: Yine bu yol farkını $n\lambda$ ’ya eşitleyeceğiz her halde.

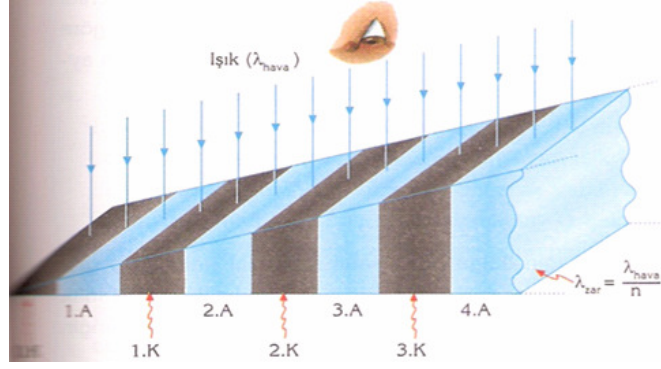
Grup 2: Yol farkı $n\lambda$ 'ya eşit olunca aydınlık olacak, $\frac{\lambda}{2}$ 'nin tek katlarına eşit olunca karanlık olacak ama bir ışığın geldiği taraftan bakan bir de ışığın geçtiği taraftan bakan gözlemci var. Onları nasıl kullanacağız anlamadık.

Grup 3: Yol farkını aydınlık ve karanlıklar için $n\lambda$ ve $\left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ 'ya eşitlememiz lazım.

Grup 4: Grup 3'e katıldıklarını belirtmişlerdir.

Öğrencilerin yanıtları alındıktan sonra öğretmen grupların söylediklerine genel olarak eklenecek bir şeyin kalmadığını belirtmiştir. Öğretmen, öğrencilerinde katılımcı olduğu bir konuşma ortamında, karanlıklar gözlemlendiğine göre muhakkak girişimden bahsedilmesi gerektiğini vurgulamış, önceki derslerde olduğu gibi yol farkı dalga boyu ilişkisinin kurulması gerektiğini belirtmiştir. Yol farkının dalga boyunun tam katlarına eşit olduğu durumlarda aydınlık, yarım dalga boyunun tek katlarına eşit olduğunda karanlık görüleceğini belirtmiştir. Grup 2'den D5 ve Grup 3'den D3 ışığın öğretmene geldiği ve geçtiği tarafın nasıl kullanılacağını sormuşlardır. Öğretmede bunun iki ayrı durum olduğunu ve ayrı ele alınması gerektiğini belirtmiştir. Sonuç olarak öğretmen öğrencilerine genellemelerin yapılabilmesi için sorular (“Işık geldiği taraftan bakan gözlemci için yol farkı neydi?”, “Aydınlık olması için yol farkının neye eşit olması gerekir?” v.b.) sormaya başlamıştır. Sonuç olarak; ışık geldiği taraftan bakan gözlemci için $2d + \frac{\lambda_c}{2} = n\lambda$

($n = 1, 2, 3, \dots$) ise aydınlık, $2d + \frac{\lambda_c}{2} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) ise karanlık oluşacağı ve ışığın geçtiği taraftan bakan gözlemci için $2d = n\lambda$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) ise aydınlık, $2d = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) ise karanlık oluşacağı genellemesine ulaşılmıştır.



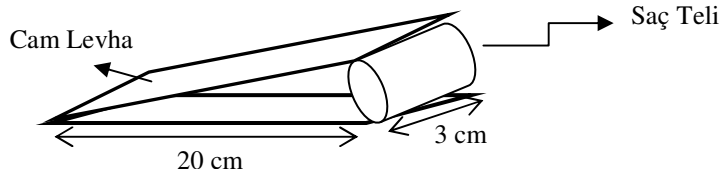
Şekil 4.20: İnce zarda aydınlık – karanlık saçakların dizilimi

4.2.1.4 Bölüm 4

Bu bölümde ince zarın beyaz ışıkla aydınlatılması, ışığın hava kamasında girişimin açıklanması ve hava kamasının beyaz ışıkla aydınlatılması gibi konulara yer verilmiştir.

Öğretim Öncesi Hazırlık

Öğretim öncesinde, önceki bölümlerde ki materyallerin yanında hava kaması düzeneği hazırlanmıştır. Hava kaması düzeneğinin hazırlanışı Şekil 4.21’de görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin deneylerde kullanmaları için karbon kağıtları edinilmiştir.



Şekil 4.21: Hava kaması düzeneği

4. bölüme ait öğrenci kazanımları aşağıda aktarılmıştır.

- İnce zarın beyaz ışıkla aydınlatılması sonucunda zar yüzeyinin renkleneceğini ifade eder.

- Beyaz ışıkla aydınlatılan zar yüzeyinde renklerin farklı zar kalınlıklarında oluşacağını ve bunun yol farkı – dalga boyu ilişkisinden kaynaklanacağını ifade eder.
- Hava kamasında girişimi açıklar ve yol farkının nasıl alınacağını açıklar.
- Hava kamasının beyaz ışıkla aydınlatıldığında renkli görüleceğini ifade eder ve bu olayı açıklar.

Ders 1

Öğretmen bu etkinliğin başlangıcında öğrencilerine ince zarda girişim konusu hakkında hatırladıklarını sormuştur. Öğrencilere tartışma ortamı içerisinde öğrendiklerini hatırlama fırsatı vermiştir. Daha sonra öğretmen, bu bölüme kadar kırmızı ışık kullanıldığını belirtmiş, beyaz ışık kullanılsaydı ne olacağını sormuştur. Öğrenciler, filtre kullanmadan ışık kaynağından gelen ışınları köpük üzerine düşürmek üzere teşvik edilmiştir. Öğretmen öğrencilerine 4 dakika süre vererek onlardan gözlemlerini kaydetmelerini istemiştir.

Grup 1: Renkli gördük. Renkler dizilmiştir sıra sıra.

Grup2: Kırmızı sarı yeşil sıralanmışlardı. Aralarda karanlık yerler de vardı.

Grup 3: Bizde renkli gördük, alt alta sıralanmış renkler gördük.

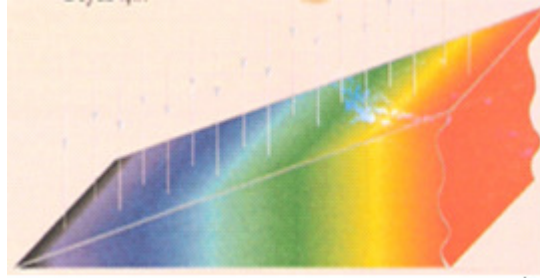
Grup 4: Arkadaşlara katılıyoruz.

Öğretmen: Grup 2'den farklı bir fikir geldi, karanlık yerler de vardı diyorlar ne düşünüyorsunuz?

Öğretmen öğrencileri bu konuda gözlem yapmak üzere tekrar deney düzeneğine yönlendirmiş ve gruplar yeniden gözlem yaparak Grup 2 ile aynı sonuca ulaşmışlardır. Öğretmen köpüğün renkli görülmesi olayının nasıl açıklanabileceğini sormuş ve öğrencilere yeniden süre vermiştir.

Süre sonunda yanıtlar alınmış ve tartışılmıştır. Bu yanıtlardan Grup 2 ve Grup 3'ün yanıtları bilimsel görüşe en yakın durumdadır. Bu gruplar, renklenme olayını renklerin farklı dalga boylarına sahip olmaları ile açıklamışlardır. Grup 1 ve

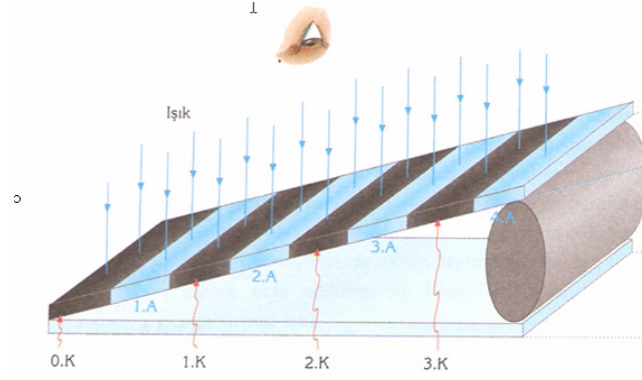
Grup 4’den de ışığın kırılarak renklerine ayrılması fikrini içeren yanıtlar gelmiştir (Bu yanılgılar Grup 4’deki öğrencilerden D1’de öğretim sonrasında da ısrarla savunulmuştur). Öğretmen burada ışığın cam prizmadan geçirilmesi ve perdeye düşürülmesi olayını tahtaya çizmiştir. İnce zarda girişim deneyini tekrarlayarak karanlık saçakları bir kez daha göstermiştir. Prizma modelinin sabun köpüğünün renklenmesi olayında geçersiz olduğunu, çünkü prizma modelinin karanlık saçakları açıklayamayacağını belirtmiştir. Bu açıklamalar sırasında, Şekil 4.22’deki slaytı kullanmıştır.



Şekil 4.22: İnce zarın beyaz ışıkla aydınlatılması durumu

Öğrencilere karanlık saçakların tepe – çukur bozucu girişimi sonucunda oluşabileceği belirtilmiştir. Öğrencilere, Şekil 4.22’yi kullanarak zar kalınlığının gittikçe arttığını belirtmiş ve zar kalınlığının artmasının hangi fiziksel niceliği değiştireceği sorulmuştur. Zar kalınlığının artmasının yol farkını etkileyeceği ve yol farkının her defasında farklı renklerin dalga boylarının tam katlarına eşit olacağı vurgulanmıştır. Bundan dolayı her rengin aydınlık saçığının farklı zar kalınlıklarında oluşacağı belirtilmiştir. Bu açıklamanın ardından öğrenciler, Ek G’de görülen çalışma sorularına yönlendirilmiştir. İlk iki sorunun çözümü yapılmış ve günlüklerin yazılması konusu hatırlatılmıştır.

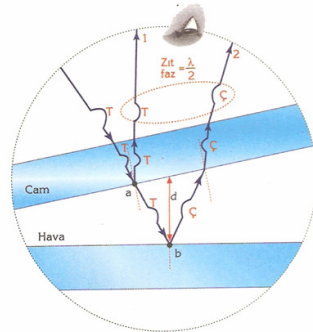
Dersin ikinci etkinliğinde öğrencilere hava kamasının düzeneği verilmiş, kırmızı ve mor ışık altından bu düzeneğe bakmaları ve gördüklerini önlerindeki grup kağıtlarına kaydetmeleri istenmiştir. Öğrencilere 4 dakika süre verilmiştir. Bu sürenin sonunda her gruptan bir öğrenci çağırılarak gördüklerini tahtaya çizmeleri istenmiştir. Öğretmen öğrencilerinin doğru şekilleri gördüklerini anladıktan sonra, bilimsel olarak görmeleri gereken deseni bilgisayar sunusu yardımıyla göstermiştir.



Şekil 4.23: Hava kamasında girişim

Öğretmen öğrencilerine yeniden süre vermiş bu deseni nasıl açıklayacaklarını sormuştur. Tüm gruplar bu kez ince zarda girişim konusundan hatırladıkları ile bir ışığı tepe olarak cam levhanın üzerine göndermeyi akıl edebilmişlerdir. Öğretmen gruplar arasında dolaşarak tartışmalara katılmış öneriler sunmuştur. Tüm gruplar girişim olayını uygulayacakları konusunda fikir birliği içerisinde olmuşlardır. Ancak ışığın hava kamasında ilerleyişi hakkında net bir çözüm getirememişlerdir. Grup 2'den D5 öğrencisi, cam üzerine tepe olarak gönderilen ışığın yansımaya ve kırılmaya uğrayacağı ve bu ışıkların girişim yapabileceğini tahmin etmiştir. Öğrencilere D5'in fikirlerine katılıp katılmadıkları sorulmuştur. Öğrencilerin çoğu bu fikri benimsediklerini belirtmişlerdir. Öğretmen bunun üzerine bilimsel olarak girişimi açıklamak için D5'in ileri sürdüğü yöntemin kullanılacağını belirtmiştir.

Ders 2



Şekil 4.24: Hava kamasında girişimin ışığın dalga modeli ile açıklanması

Öğretmen Şekil 4.24'deki sunuyu kullanarak cam levha üzerine tepe olarak gelen ışığın nasıl bir yol izleyeceğini öğrencilerinde katılımıyla açıklamıştır. Öğrencilere 1 – 2 ışınları arasında ne kadar yol farkı oluşacağını sormuş ve öğrenciler ince zarda girişim konusundaki bilgilerini kullanarak bunu kolaylıkla yanıtlamışlardır. Yol farkının $2d + \frac{\lambda}{2}$ olduğu belirtilmiş, bu fark dalga boyunun tam katlarına eşit olduğunda aydınlık, yarım dalga boyunun tek katlarına eşit olduğunda karanlık gözükeceği öğretmen tarafından vurgulanmıştır. Öğretmen bu sırada aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde dizilmelerinin nedenini sormuş ve bu soruya öğrencilerin kolaylıkla yanıt verdikleri görülmüştür. Öğretmen birkaç öğrencinin yorumunu dinlemiştir. Ardından Ek H'de görülen çalışma sorularında ikisinin çözümü yapılmıştır. Öğrencilere açıklamaları için Newton Halkaları ile ilgili bir araştırma ödevi verilmiştir. Bu ödev Ek I'da görülmektedir.

Dersin 2.etkinliğinde öğretmen öğrencilerine “hava kaması beyaz ışıkla aydınlatılırsa ne olur” sorusunu yöneltmiş ve öğrencilerine 4 dakika süre vermiştir. Bu süre içinde öğrencilerden gördüklerini kaydetmeleri ve gördüklerini açıklamaları istenmiştir. Öğrenciler yine grup çalışması yapmışlar ve öğretmen onlara rehberlik etme görevini üstlenmiştir. Öğretmen soruyu yönelttiğinde bazı öğrencilerin hemen (deneyi yapmadan) hava kamasının renkli görüleceğini belirttikleri gözlenmiştir. Öğretmen öncelikle bu öğrencilerin yanına giderek fikirlerini dinlemiş onları bilimsel görüşe ulaşmaları için yönlendirmiştir.

Grup 3: (D3) Hocam mesela yine artan bir şey var burada. İnce zarda da vardı artıyordu. Artıkça yol farkı değişecek ve her defasında farklı renklerin tam katlarına eşit olacak.

Öğretmen: Yani nasıl bir şey görmeyi düşünüyorsun?

Grup 3: (D3) Yine ince zardaki gibi sıralanacaklar bence.

Öğretmen: Bak bakalım öyle mi olacak?

Öğrenciler deneyi gerçekleştirip, gözlemlerini kaydetmişlerdir. Öğretmen tüm grupların doğru çizdiğini görünce tahtaya çizim yaptırma ihtiyacı duymamıştır. Grup 2'nin hava kaması düzeneğinde bozulma olmuş, renkli bölgeler iç içe halkalar

şeklinde görülmüştür, öğretmen yardım ederek hava kamasını düzeneğini çalışır hale getirmiştir. Öğrencilerden biri bu olaydan etkilenmiştir (İleride bulgular bölümünde verilecektir).

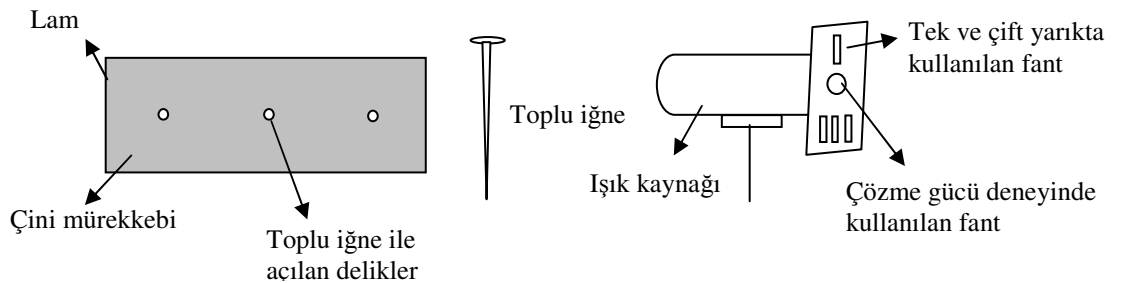
Öğrencilerin olayı nasıl açıkladıkları sorulmuş ve sınıf tartışması başlatılmıştır. İnce zarın renklenmesi olayının öğretiminden sonra hava kamasının renklenmesi olayının öğretimi çok daha kolay bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Dersin kalan kısmında Ek H'de görülen çalışma yaprağındaki kalan iki sorunun çözümü yapılmıştır. Böylelikle Bölüm 4 sona ermiştir.

4.2.1.5 Bölüm 5

Bu bölümde çözme gücü, çözülme gibi kavramların öğretimi üzerinde durulmaktadır. Ayrıca bu konu ile ilgili güncel örnekler tartışılmaktadır. Bölümün sonunda ışığın dalga modeli ile ilgili genel tekrar yapılması ve günlüklerin değerlendirilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir.

Öğretim Öncesi Hazırlık

Çözme gücü konusunun öğretiminin gerçekleştirilebilmesi için, öncelikle öğrencilerin küçük bir delikten ışık kaynağına bakmaları ve kırınım desenini görmeleri gerekmektedir.



Şekil 4.25: Çözme gücü konusunun öğretiminde yararlanılan düzenek

Önemli hazırlıklardan biri laboratuarda kullanılan ışık kaynaklarının önündeki fantların Şekil 4.25'deki gibi değiştirilmesidir. Öğretim öncesindeki en önemli aktivitelerden biri günlüklerin okunarak, yanlış kavramaların ortaya çıkarılmasıdır.

5. bölüme ait öğrenci kazanımları aşağıda maddeler halinde aktarılmıştır.

- Çözme gücü ve çözülme kavramlarını açıklar.
- Çözülme olayına ait günlük hayattan örnekler verir.

Ders 1

Öğrencilere Şekil 4.25'de hazırlanan düzenek verilmiş ve kırmızı filtre kullanarak ışık kaynağına bakmaları ve gördüklerini kaydetmeleri istenmiştir. Bu işlem için öğrencilere 4 dakikalık bir süre verilmiştir. Öğretmen bu süre içerisinde grupları dolaşarak tartışmalara katılmıştır.

Süre sonunda öğrencilerin çizdikleri şekiller tartışılmıştır. Öğrencilerin tümü iç içe halkalar şeklinde kırmızı – siyah bölgeler gördüklerini belirtmişlerdir. Bu olayı açıklamak için öğrencilere yeniden 2 dakikalık süre verilmiştir. Grup 2 deki öğrenciler ile öğretmen arasında geçen diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Grup 2: (D11) Halkalar şekliyleder, kırmızı – siyah bölgeler var.

Öğretmen: Nasıl açıklanabilir bu olay?

Grup 2: (D11) Delik var sadece. Tek yarık olabilir sanki. Onun gibi.

Öğretmen: Nasıl benzetebiliriz peki?

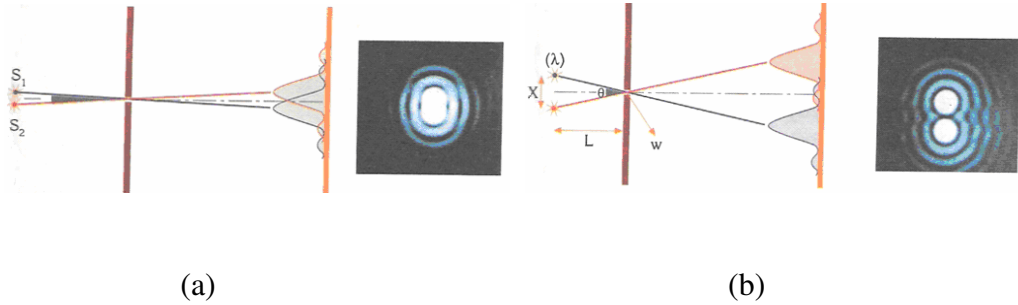
Grup 2: (D5) Huygens Prensibi gibi hocam. Delikteki her noktayı kaynak gibi düşünürüz.

Öğretmen: Kırmızı – siyah bölgeleri nasıl açıklarsın?

Grup 2: (D5) Bu kaynakların girişimi ile. Yine tepe – tepe aydınlık olur mesela.

Öğrencilerin yanıtları alındıktan sonra, tartışma ortamı başlatılmış ve olayın tek yarıktaki girişimden (kırınımdan) kaynaklandığı bilimsel bilgisi tanıştırılmıştır. Bu

deneyin iki kaynakla yapıldığı durum bilgisayar sunusu ile gösterilmiş ve çok uzaktaki iki kaynağın görüntülerinin bir birine karışabileceği belirtilmiştir. Bu durumdaki kaynaklara çözülmemiş kaynaklar denildiği belirtilmiştir. Bu sırada öğretmen uzaktan gelen arabanın farlarının tek görüleceği, çok uzaktaki iki yıldız duyarlı bir teleskop ile bakılmazsa bu iki yıldızın tek gözükebilecekleri örneklerini vermiştir. Daha sonra da ne kadar uzakta da olsa bu iki yıldız ayırt eden teleskopun “çözme gücü” özelliğinin fazla olduğunu belirtmiştir. Öğrenciler burada fotoğraf makinaları örneğini vermişlerdir. Onlarda da çözünürlük özelliği olduğu söylemiştir. Öğretmen aynı durumun geçerli olduğunu, bir fotoğraf makinasının iki noktayı bir birinden ayırma özelliğinin “çözme gücü” olduğunu belirtmiştir. Öğretmen aşağıda slaytları örneklenen sunuyu kullanarak konuyu genişletmiştir.

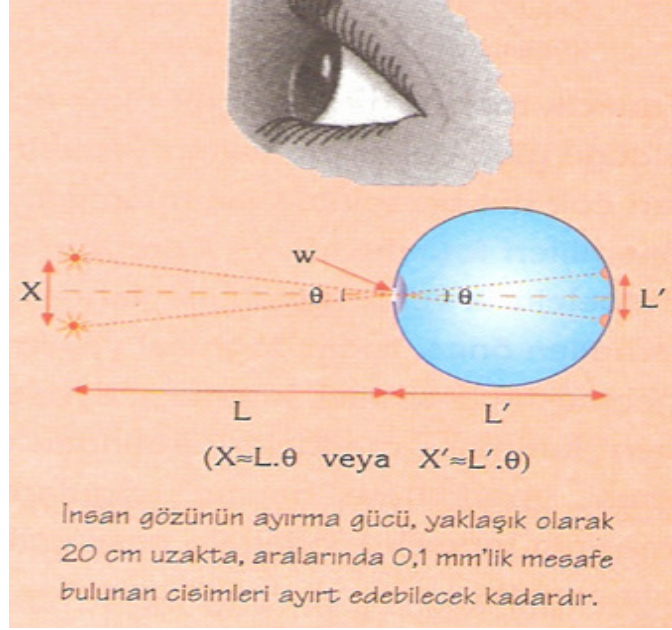


Şekil 4.26: (a) Çözülmemiş durumdaki kaynaklar, (b) çözülmüş durumdaki kaynaklar

Öğretmen Şekil 4.26’deki şekilleri kullanarak iki yıldızın görüntülerinin nasıl karışabildiği konusunu açmaya çalışmıştır. Çözülme sınırı kavramından bahsetmiştir. Bilimsel olarak merkezi aydınlık saçaklar ayrıldığında çözülme olayı gerçekleşmektedir. Öğretmen öğrencilerine “öyle ise çözülme sınırını bilimsel olarak nasıl ifade ederiz” sorusunu yönelmiştir. Birinci kaynağın merkezi aydınlık saçığı ile ikinci kaynağın 1.karanlık saçığı çakıştığında çözülmenin gerçekleşeceği vurgulanmıştır. Öğrencilerle soru yanıt tekniği kullanarak, tek yarıktaki 1.karanlık saçak için yol farkı 1λ , matematiksel yol farkı $w\sin\theta$ ’ya eşitlenmiştir. Buradan çözülme şartı olan $\frac{X}{L} \geq \frac{\lambda}{w}$ bağıntısına ulaşılmıştır.

Ders 2

Öğrencilerin bu durumu günlük hayatla daha iyi bağdaştırabilmeleri için öğretmen Şekil 4.27'deki sunuyu göstermiş ve insan gözünün çözünürlüğü üzerine tartışma başlatmıştır.

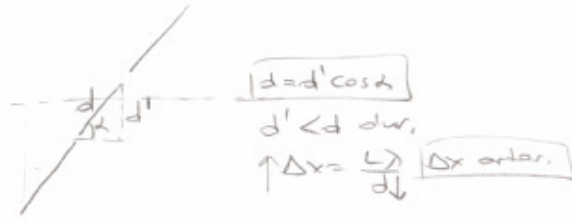


Şekil 4.27: İnsan gözünün çözme gücü ile ilgili sunu

Öğrencilere öğrendikleri bilgileri yeni durumlara uyarlama fırsatı verilmiş ve öğrenciler Ek İ'de görülen sorulara yönlendirilmiştir. Soruların çözümü için her öğrenciye 1 dakika, grup arkadaşları ile tartışması için yine 1 dakika süre verilmiştir. Süre sonunda her gruptan bir öğrenciden yanıt dinlenmiş ve bir öğrenciden tahtada çözümü yapması istenmiştir.

Dersin geri kalan bölümünde öğretmen hızlı tur tekniğini kullanmıştır. Her öğrenci tüm öğrenilenler ile ilgili bir cümle söylemiş ve bu söylenen cümleler tükeninceye kadar devam etmiştir. Ayrıca öğrencilerin değinmeyi unuttuğu bazı noktalar öğretmen tarafından hatırlatılmıştır. Ayrıca öğretmen bazı öğretim öncesindeki ön fikirlerin (çukur – çukur karanlık olur gibi) değişim süreçlerinden söz etmiştir. Günlüklerde göze çarpan önemli eksikler üzerinde durulmuştur. Ayrıca öğrencilerin derse bakış açıları üzerinde konuşulmuştur. Aşağıda öğrenci günlüklerinden bazıları örneklenmiştir.

Yarıklar düzlemi: α kadar döndürülürse;



* Tek yarığa, girişimde yarığadaki her nokta aynı fonda dalgalar yayın kaynakları gibi davranır. Böylece girişim deseni oluşur.

* İnce yarığa girişim olayını sabun köpüğüne inceledik. Sabun köpüğü farklı kalınlıklarda olduğundan dolayı karanlık, aydınlık çizgiler gördük. Eğer zarın kalınlığı her yerde aynı olsaydı sadece aydınlık veya sadece karanlık olurdu. Işık dalgalarının yansınması ya da iletilmesi yay dalgalarınınınla çok benzer.



Üstten
 Zarin 0'ya yaklaştığı noktada da karanlık vardır.
 $\Delta S = 2d + \frac{\lambda}{2} = n \lambda_2$ (aydınlık)
 $2d + \frac{\lambda}{2} = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$ (karanlık)

Altta
 $\Delta S = 2d = n \lambda$ (aydınlık) \Rightarrow Altta 0. aydınlık var.
 (0, 1, 2, 3, ...)
 $2d = (2n-1) \frac{\lambda}{2}$ (karanlık)

Şekil 4.28: Dene grubu öğrencilerinden D2'nin öğrendikleri ile ilgili günlüğüne yazdıkları

1. gün

Bugün ışığın tenecki ve dalgası modeli hakkında tarihsel kayıtlar ışığında bilgi edindik. Öğrendiklerimize esastıkaydı. Daha sonra çift yarığa girişimle ilgili teorilere başladık. Elimize geldi malzemelerle ışığın iki tane küçük yarığa arasında yaptığı girişimi inceledik. Bunu young deneyi deniyor.

2. gün

Bu gün tek yarığa girişimi öğrendik. Dersler zorlu idi. Sitemiyorduk. Çünkü hepisi sürekli hayattan şeylerdi. Ve deneylerle bitirilesince daha da anlam kazanıyordu. Üçüncüden pek fazla derne in vadede bize sınavlarla haftız alıyorduk. Ve bu bilgiler kısa bir süre sonra unutulmuş yordu. Şimdi ise daha kalıcı bilgiler edindik.

3. gün
İnce zekâda gelişimi vardı. Çocukları bu deneyi
gözetim yaptım. İmdi farkına varıyorum. Ve
yerde her hareket sırasında aynı dayan olduğunu gördü
daha iyi anlam. Öğretmenimiz kâğıt parçaları vererek
sonucu kendimizin bilmesini istiyordu. Ve böylece
yardım olmadan çeşitli pratik yöntemler buldu. Bu
çok zevkliydi.

4) Buzun yavaş yavaş erimesi daha da geliştirildi
anladım. Öğretmenimiz çeşitli yöntemler vererek ders
olan ilgisizliği ortadan aldı. Yalnız bu kadar interaktifliği ge
reği olduğu düşünürüz için bazı zorluklar
öğretimin hayatın boyunca sadece bu şekilde
verilseydi belli sayıda her şeyi daha iyi ve kolay ve
çeşitli buluşları olan biri olurdu.

6) Çamaşır suyu hakkında bahsetti. Bu son derste. Artık biraz
akılmağa başlamıştı çünkü bizim gireceğimiz suyu
bu kadar deneyi kaldırmaz. Şahsi bir fikrim var
sınav ve öğretimin sistemi değişmeli. Gelecekte
daha parlak nesiller görmek istiyorsak...

Şekil 4.29: Deney grubu öğrencilerinden D5'in günlüğünden çıkan bir özet

Deney grubu öğrencilerinin tümü, derse karşı olumlu hisler beslediklerini belirtmişlerdir. Öğrenciler yapılan deneylerin, tartışmalarının öğrenmelerini kolaylaştırdığını belirtmişlerdir. Öğretmenin kendilerine rehber olmasının ve kendilerinin ön plana çıkmasının onların düşünme ve yorum yapma özelliklerini artırdığını belirtmişlerdir. Şekil 4.29'da D5'in 4. ders ile ilgili yorumuna bakıldığında, kendisini artık yorum yapma bakımından daha güçlü hissettiğini söylemiştir. Kısacası deney grubu öğrencileri öğretimi beğenmiş gözükmektedirler. Ancak D5'in günlüğünde görüldüğü gibi son derste öğrenciler sıkılmış olduklarını

gösteren tavırlar sergilemişlerdir. Bu durumu da Şekil 4.29’de görüldüğü gibi sınav sistemine bağlamışlardır.

4.2.2 Kontrol Grubuna Uygulanan Öğretim

Tablo 4.2’de görülen konuların öğretimi, yine aynı tabloda görülen sürelerde gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu ile deney grubu öğretimi arasında öğretimde işlenen temalar bakımından bir fark oluşmamıştır. Ancak etkinliklerin süreleri bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Kontrol grubu öğretiminde yapılandırmacı yaklaşıma uygun öğrenci merkezli etkinliklere yer verilmemiş, öğretmen merkezli öğretim stratejileri, yöntem ve teknikleri kullanılmıştır. Konular düz anlatım şeklinde öğretmen tarafından sunulmuş, tümevarımcı bir yaklaşım uygulanmıştır. Ancak deney grubunda gerçekleştirilen her deney kontrol gruplarında da yapılmıştır. Öğretmen deneyi gerçekleştirmiş, öğrenciler sıra ile deneye bakmışlar ve öğretmen doğrudan deneydeki fiziksel gerçeği açıklamaya başlamıştır. Ayrıca deney grubunda kullanılan çalışma yaprakları, kontrol grubuna da ödev olarak verilmiş bazen de öğretmen tarafından ders içinde soru çözümü yapılması için yardımcı materyal olarak kullanılmıştır. Kontrol grubu öğretiminin deney grubuna göre farklı yanları, dersin sınıf ortamında işlenmesi, projeksiyon aletinin kullanılmaması, öğretmen merkezli olmasıdır. Kısacası kontrol grubu öğrencileri deneyleri izlemişler, öğretmenin açıklamalarını ve yaptığı soru çözümlerini anlamaya çalışmışlardır. Deney grubuna göre öğrenciler oldukça pasif bir rol üstlenmişlerdir.

5. BULGULAR VE YORUMLAR

Araştırmanın bu bölümünde örnekleme uygulanan üç farklı veri toplama aracından elde edilen bulgular verilmektedir. Veri toplama araçlarından elde edilen bulgular iki ana başlık altında incelenmiştir. İlk olarak hazır bulunuşluk testinden elde edilen bulgular, ikinci olarak da kavramsal anlama testinden elde edilen bulgular verilmiştir. Ön ve son test olarak uygulanmış kavramsal anlama testine ait bulgular bölümü içerisinde ön ve son görüşmelere ait bulgular ve doküman analizine ait bulgular bulunmaktadır.

5.1 Hazır Bulunuşluk Testinden Elde Edilen Bulgular

Kontrol ve deney gruplarının bilişsel seviyeleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını ortaya çıkarmak amacıyla oluşturulan 24 soruluk hazır bulunuşluk testine ait bulgular bu bölümde açıklanmaktadır.

Her iki gruptaki öğrencilerin doğru yanıtları 1 ve yanlışları 0 olarak puanlanmış ve 24 soru üzerinden öğrencilerin başarı puanları ortaya çıkarılmıştır. Bu başarı puanları SPSS 12 paket programına girilerek, ilişkisiz t-testi yapılmıştır. Yapılan t-testi sonuçların Tablo 5.1’de görülmektedir.

Tablo 5.1 Kontrol ve Deney Grubu Öğrencilerinin Başarı Testindeki Doğularına İlişkin Bulgular

Öğrenci Grupları	Öğrenci Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma (ss)	Serbestlik Derecesi (sd)	t değeri	Anlamlılık Düzeyi (p)
Deney Grubu	21	16,95	3,55	38	0,634	0,530
Kontrol Grubu	20	16,25	3,53			

%95 güven aralığı için bulunan p değeri $p=0,530$ bulunmuş ve bu değer 0,05'den büyük olduğu için iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Ancak parametrik testlerde örneklemedeki gruplarda bulunan kişi sayının en az 30 olması gerekmektedir [45]. Kişi sayısının 30'un altından olduğu durumlarda parametrik testlerin kullanılabilmesi için öğrenci puanlarının normal dağılım göstermesi gerekmektedir. Öğrenci puanlarının normal dağılım gösterip göstermediğinin anlaşılabilmesi için "skewness" ve "kurtosis" değerlerine bakılmıştır. Bu değerler yine SPSS paket programında bulunmuş ve Tablo 5.2'de aktarılmıştır.

Tablo 5.2: Gruplara ait Skewness ve Kurtosis değerleri

Öğrenci Grupları	Skewness	Kurtosis
Deney Grubu	-0,824	0,148
Kontrol Grubu	-0,800	0,995

Puanların normal dağılım göstermesi için Skewness ve Kurtosis değerlerinin -1 ile +1 arasında çıkması gerekmektedir. Tablo 5.2'deki sonuçlar iki gruba ait puanların normal dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Puanların normal dağılım gösterdiğinin daha güvenilir bir şekilde ortaya konulabilmesi için normallik analizi (Kolmogorov – Smirnov Testi) yapılmıştır. Test sonunda anlamlılık düzeyi her iki grup için de $p=0,200$ olarak bulunmuştur. Bu değer 0,05'den büyük bir değer olduğundan her iki gruba ait puanların normal dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak; deney ve kontrol grupları arasında hazır bulunuşluk testi başarı puanları bakımından anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Parametrik t-testinin, parametrik olmayan istatistiksel analizlerdeki karşılığı Mann-Whitney U testidir. İki grubun hazır bulunuşluk testindeki başarı puanları SPSS programına girilmiş parametrik olmayan testlerden Man-Whitney U testi uygulanmıştır. Bu test sonucunda p anlamlılık düzeyi değeri 0,52 bulunmuştur. Bu değer 0,05'den büyük olduğundan iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

5.2 Kavramsal Anlama Testine İlişkin Bulgular

Bu bölümde ön ve son test olarak uygulanan kavramsal anlama testine ait bulgular yer almaktadır. Kavramsal anlama testinde ortaya çıkarılan verileri desteklemesi amacıyla ön ve son görüşmelerden elde edilen bulgular aktarılmaktadır. Kavramsal anlama testindeki yedi soruya ait bulgular tek tek incelenmiştir.

5.2.1 Kavramsal Anlama Testindeki 1.Soruya Ait Bulgular

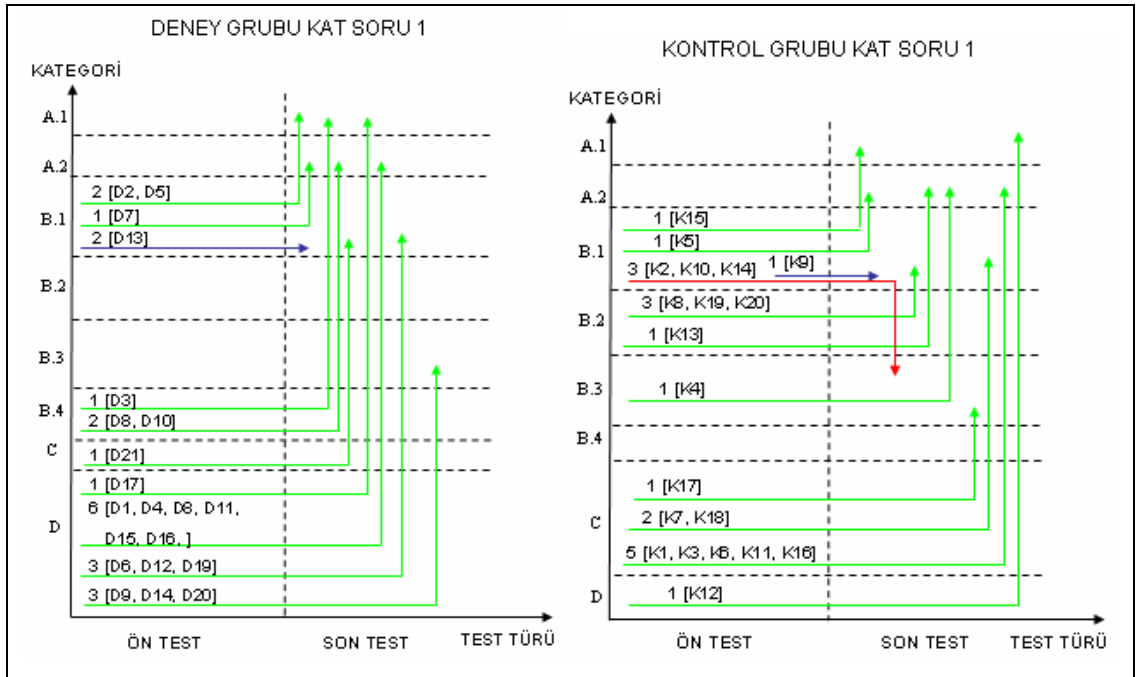
Kavramsal anlama testinin birinci sorusu daha öncede belirtildiği gibi öğrencilerin tek yarıktaki girişim ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Verilerin Analizi bölümünde açıklandığı gibi öğrencilerin yanıtları kategorize edilmiş ve Tablo 5.3 oluşturulmuştur.

Tablo 5.3: Öğrencilerin 1. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları

YANIT TÜRLERİ	DENEY GRUBU		KONTROL GRUBU	
	Ön Test n (%)	Son test n (%)	Ön Test n (%)	Son Test n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar				
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru				
➤ “Bu olay ışığın dalga özelliği göstermesinin bir sonucudur. Huygens prensibine göre yarığın her noktası kaynak gibi davranır. Bu kaynaktan çıkan ışık dalgalarının girişimi sonucunda bu desen oluşur. Perde üzerinde ışık dalgalarının birbirini kuvvetlendirdiği (T+T, Ç+Ç) noktalar aydınlık, sönmülediği yerler (T+Ç) karanlık gözüktür.	0	4 (19,04)	0	2 (10,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar				
➤ “Işığın dalga modeli ile açıklanır, tanecik modeli ile açıklanamaz” ➤ “Işık dalgaları girişim yaparlar, T+T ve Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık olur” ➤ “Yarığın genişliği azalınca $\lambda > w$ olur, ışık dalgaları girişim yaparlar. Tek yarıktaki girişim olur. T+ T ve Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık olur”	0	9 (42,85)	0	8 (40,00)
Ara Toplam 1	0	13 (61,90)	0	10 (50,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				

Tablo 5.3'ün devamı

1. Işığın Dalga Modeli Fikrini İçeren Yanıtlar				
➤ “Işık kaynağı ile perde arasındaki uzaklık arttıkça desenler kaybolur, aradaki uzaklık azaldıkça aydınlık karanlık saçaklar oluşur”	4 (19,04)	5 (23,80)	6 (30,00)	6 (30,00)
➤ “ışık su dalgalarında olduğu gibi kırınıma uğrar, tepe ve çukurlar oluşur”				
2. Olayları Geometrik Optik ile Açıklayan Yanıtlar				
➤ “ışığın kırılması ile aydınlık karanlık bölgeler oluşur”	0	0	4 (20,00)	0
➤ “Aralık kapandıkça ışık karşıya daha az geçer, aydınlık azalır, karanlık artar”				
3. Hibrit Yanıtlar				
➤ “Işığın tanecik modelinden dolayı, yarıktan birden fazla nokta kaynak varmış gibi düşünülür.”	0	3 (14,28)	1 (5,00)	4 (20,00)
➤ “Aralık küçüldükçe yarığın uçları ayrı iki kaynak gibi davranır, girişim olur.”				
➤ “Işığın yarıktan geçip aydınlatığı yer geniştir. Diğer yerlerde ise T+T ve Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık olur.”				
4. Sezgisel yanıtlar				
➤ “Işık perdeye homojen olarak dağılmaz”	3 (14,28)	0	0	0
➤ “ışık bazı bölgelere ulaşmamış olabilir”				
➤ “Işık sürekli yanmaz, yanıp söner”				
Ara Toplam 2				
	7 (33,33)	8 (38,09)	11 (55,00)	10 (50,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar				
	1 (4,76)	0	8 (40,00)	0
D. Yantısız				
	13 (61,90)	0	1 (5,00)	0
TOPLAM				
	21 (100)	21 (100)	20 (100)	20 (100)



Şekil 5.1: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 1. soruya ait fikirlerinin gelişimi

Şekil 5.1 daha önce yöntem bölümünde belirtildiği gibi Tablo 5.3'ün açılımı olarak düşünülebilir. Şekil 5.1'de düşey eksen kategorileri, yatay eksen de test türünü göstermektedir.

Kavramsal anlama testinin birinci sorusu, öğrencilerin tek yarıktaki girişim konusundaki kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Soruya verilen yanıtların tam doğru olabilmesi için; ışığın dalga karakterinin, Huygens Prensipli'nin, girişimin ve yapıcı ve bozucu girişimin belirtilmesi şart kabul edilmiştir.

5.2.1.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön testte, deney ve kontrol gruplarında soruya bilimsel olarak edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Deney grubunun yaklaşık % 19'u soruya ışığın dalga modeli fikrini içeren ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Soruya bu kategoride yanıt veren deney grubu öğrencilerinden görüşme yapılanlara ait bazı diyaloglar aşağıda verilmiştir.

Araştırmacı: Şimdi bir ışık kaynağımız vardı. Önüne bir aralık koymuştuk ve perde üzerinde bir aydınlık leke oluşmuştu. Bunu zaten optikten hatırlıyoruz.

D2: Evet.

Araştırmacı: Başlıyorum aralığı daraltmaya. Bir bakıyorum, aralığın belli bir değerinden sonra perde üzerinde aydınlık karanlık çizgiler oluşmuş. Bu olayı nasıl açıklarsınız diye sormuştum. "Işığın kırınımından dolayı aydınlık ve karanlık saçaklar oluşur" şeklinde yanıtlamışsınız. Ne demektir ışığın kırınımı?

D2: Işığın kırınımı belli bir aralıktan sonra artık, mesela dalgalarda da oluyor bu sadece ışıkta değil. Zaten bu da dalga modeline benziyor biraz. Dalgalarda da olduğu gibi belli bir aralıktan sonra dalgalar, aydınlık karanlık saçaklar oluşur mesela orada. Burada da ışığın dalgalanması olayı var.

Araştırmacı: Işığın dalgalanması... Peki aydınlık karanlık bölgelerin oluşma sebebi nedir?

D2: Aydınlık karanlık bölgelerin oluşma sebebi...Tam bilmiyorum. Tam açıklayamıyorum.

Araştırmacı: Ne oluyor olabilir mesela D2?

D2: Açıklık azaldıkça, oradan geçen ışınların yönleri, işleyişleri yani gidiş tarafları değişiyor olabilir. Işığın kırılması, dağılması olarak düşünebiliriz. Işık geliyor aralıktan geçip dağılıyor. Belli bölgelere ışık geliyor, belli bölgelere ışık gelmiyor. Bu yüzden olabilir. Bu şekilde dalgalanmalar oluşuyor.

D2 önceden katıldığı kurs ya da okul öğretmeninin uyguladığı öğretimden dolayı dalga modeli fikrine sahiptir. Ancak tek yarıktan girişim olayını net bir şekilde açıklayamamaktadır. Kendisine aydınlık – karanlık saçakların nasıl oluşabileceği sorulduğunda, yarıktan geçen ışınların yönlerinin, işleyişlerinin değişebileceğini, ışığın dağılacaklarını ve perde üzerindeki belli noktalara ışığın gelip belli noktalara gelmeyeceğini ifade etmiştir. Ön testte vermiş olduğu yanıt dalga modeli fikrini içermiş olsa da D2'nin bu söylemlerine inanmadığı aslında olayı geometrik optik bilgileri ile açıkladığı ortaya çıkmıştır.

Araştırmacı: Şimdi o zaman birinci soru ile başlayalım bir ışık kaynağımız vardı. Önünde bir engelimiz vardı. Optikten hatırladığımız gibi perde üzerinde bir aydınlık leke oluşmuştu. Sonra yarığı daraltmaya başlıyorduk ve yarığın 0,4 mm uzaklığından sonra bir bakıyoruz perde üzerinde aydınlık karanlık saçaklar meydana gelmiş. Bu olayı nasıl açıklarız diye sormuştuk.

D5: Bununla ilgili şey biliyorum. Young deneyi var, aradaki uzaklık azaldıkça bir süre sonra aydınlık ve karanlık saçaklar oluşmaya başlıyor. Işığın girişimi ile ilgili bir şey olduğunu biliyorum.

Araştırmacı: Nedir girişim?

D5: Mesela dalgalarda girişimi biliyorum ama...Dalga katarları, düğüm çizgileri...Biliyorum ama toparlamakta zorlanıyorum.

Araştırmacı: O zaman son söyleyeceğiniz şey nedir?

D5: Burada girişim vardı ancak bu olayı tam olarak açıklayamıyorum.

Araştırmacı: Verdiğiniz yanıt “kırınım olayından dolayı” şeklinde olmuş. Kırınım nedir?

D5: Kırınım hani su dalgalarında oluyordu, su dalgaları bükülüyordu. Paralel gelip bükülüyordu.

Araştırmacı: Bu konu ile ilgisi nedir kırınım olayının?

D5: Dediğim gibi yani burada ışığın girişiminden ve kırınımından bahsediyorduk. O şekilde öğrenmiştik ama toparlayamıyorum.

Araştırmacı: Bu bükülme ışıpta da oluyor olabilir mi mesela?

D5: Olabilir herhalde. Yani burada da yine kırınım ve girişim vardır diye hatırlıyorum ama onun dışında bir şey gelmiyor aklıma.

D5 öğrencisi, D2 öğrencisinde olduğu gibi ışığın dalga modeli fikrine sahiptir. Ancak ön testte vermiş olduğu yanıtlara açıklık getirememektedir.

Görüşme sonuçları ışığın dalga modeli fikrine sahip öğrencilerin de bilimsel görüşle uyumlu bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermektedir. Öğrenciler kırınım ve girişim gibi konunun temel kavramlarını zorlukla hatırlamışlardır.

Ön testte kontrol grubunun %30'u soruya ışığın dalga modeli ile ilgili olan ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Soruya bu kategoride yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden görüşme yapılanlara ait bazı diyaloglar aşağıda verilmiştir.

Araştırmacı: "Işık kaynağının önündeki aralık küçüldükçe aydınlattığı alan da küçülür bunun sonucunda belli bir süre sonra perde üzerinde aydınlık – karanlık saçaklar oluşur. Bunun sebebi tepe – tepe, tepe – çukur ve çukur – çukurların birlikte oluşmasından meydana gelir" demişsiniz. Bu tepe – tepe ve çukur – çukur nedir?

K2: Biz dalgalar konusunda görmüştük tepe – tepe var diye su dalgaları konusunda yol farkından falan dolayı.

Araştırmacı: Yani ne demek istiyoruz burada?

K2: Yorum yok hocam. Açıklayamıyorum şu anda. Formüllerini biliyorum da açıkçası nasıl oluştuklarını bilmiyorum.

Araştırmacı: Yani bir problem sorsam yapar mısınız?

K2: Evet zaten testlerde yapabiliyorum. Test olduğu zaman sorun yok ama yorum olunca yapamıyorum. Neyin nereden geldiğini bilmiyorum. Zaten siz bu testi uyguladığınızda ben defteri açtım. Yok! Yani bunlarla ilgili hiçbir şey yok. O zamanda çok düşündüm ama bulamadım.

K2 öğrencisi ön test sonrasında defterine bakarak orada gördüğü tepe ve çukurlara anlam vermeye çalışmış ama başaramamıştır.

Araştırmacı: Engeldeki yarık aralığı küçültüldükçe perde üzerinde aydınlık karanlık bölgeler oluşuyordu bunu nasıl açıklarsınız diye sormuştuk. “Işık ışınları kırınım olayına uğramıştır. Bu yüzden perde de aydınlık karanlık saçaklar oluşmuştur” demişsiniz. Bunu biraz daha açıklayabilir misiniz?

K5: Işık havada ilerlerken o yarıktan geçerken kırınım uğramıştır yani zaten dershanede de görmüştüm öğretmenimizde anlatmıştı. Kırınım olayı vardı burada, aydınlık saçaklar, karanlık saçaklar bu şekilde oluşmuştur diye düşündüm ama.

Araştırmacı: Kırınım nedir?

K5: Kırınım su dalgalarında vardı. Su dalgasının küçük bir delikten geçerken yuvarlanması, yani bükülmesi.

Araştırmacı: Bunu ışık ile ilgisi nedir? Su dalgaları ile ilgili bir şey olduğu sonucuna vardım ben bu sözlerinden de o yüzden soruyorum.

K5: Işıkla ilgisi...İşin aslı ben kırınım olduğunu biliyorum sadece. Ama evet kırınım su dalgalarında vardı yanlış mı hatırlıyorum acaba. Birde girişim vardı o muydu...

Araştırmacı: Girişim nedir?

K5: Mesela iki kaynak böyle suyun içine girip çıkıyordu, bir girişim oluşuyordu. Dalgalar birbirini içinden geçiyorlardı. Bazı noktalarda düğüm çizgileri bazı yerlerde ise dalga katarları oluşuyordu. Buna girişim diyorduk. Işığın da kırınımına ya da bu anlattığım girişime benzetmiştik. Ama hatırlamıyorum hocam. Hangisi geçerli bilemiyorum.

Araştırmacı: Peki neden bu kadar muntazam aydınlık karanlık bölgeler oluştuğu konusundaki düşünceniz nedir?

K5: Aydınlık karanlık bölgeler...

K5 öğrencisi konuya ait bazı noktaları hatırlamaktadır. Ancak kırınımın su dalgalarında mı yoksa ışıkta mı olduğu konusunda karmaşa yaşayabilmiştir. Su dalgalarında girişimin ışık için uygulanması konusunda bir anlamaya sahip değildir.

Kontrol grubunun %20' si olayları geometrik optikle açıklamaya çalışırken, deney grubunda bu kategoride bir yanıt veren olmamıştır. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır.

Hibrit yanıtlar tanecik modeli ve dalga modeli fikrini bir arada barındıran öğrenci yanıtlarıdır. Kontrol grubunun % 5'i hibrit yanıt vermiştir. Deney grubunda ise bu kategoride yanıt olmamıştır. Deney grubunun %14'ü sezgisel yanıt verirken, kontrol grubunda bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Genel olarak; deney grubunun % 33'ü, kontrol grubunun %55'i bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Deney grubunun yaklaşık %5'i, kontrol grubunun ise %40'ı kodlanamaz yanıtlar vermişlerdir.

İlgi çekicidir ki; deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %60'ı soruya verecek bir yanıt bulamamıştır. Kontrol grubunda ise bu oran oldukça düşük olup, %5 civarındadır. Soruyu yanıtızsız bırakan öğrencilerden D1 ile gerçekleştirilen görüşmeye ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk soruda bir ışık kaynağımız ve bunun önünde bir engel vardı. Işık kaynağının önündeki engeldeki yarık küçültüldüğünde oluşan aydınlık leke giderek küçülüyordu ve en sonunda aydınlık karanlık saçaklar oluşuyordu. Bu olayın açıklamasını istemiştik ama siz buna yanıt vermemişsiniz.

D1: Yani olayları tam olarak canlandıramadım kafamda böyle bir şey oluşunun da mantığı yok gibi geldi. Aslında derste gördük biraz ama yani soyut bir şekilde onun nedenini kavramak... Oturmadı yani kafamda.

Araştırmacı: Bir ışık kaynağı ver bir yarığımız vardı. Aralığı daralttıkça leke küçülüyordu. Aralığın belli bir değerinden sonra (0,4 mm) perde üzerinde çok muntazam aydınlık – karanlık saçaklar oluşmuş. Bu olayı nasıl açıklarsınız diye

sormuştum. Her hangi bir şekilde bir cevap verememişsiniz. Peki şu an bir fikriniz var mı?

D4: Hocamız anlatmıştı. Unutmuşuz tekrar etmediğimizden dolayı. Bir şeyler oluyordu burada ama hatırlayamıyorum.

Ön testte soruyu yanıtızsız bırakan öğrenciler, kendileri ile gerçekleştirilen görüşmelerde de soruyu yanıtızsız bırakmışlardır.

5.2.1.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Son teste bakıldığında, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %19'u, kontrol grubu öğrencilerinin %10'u bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılanlara ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk testte “Işığın kırınımından dolayı aydınlık ve karanlık saçaklar oluşur tek yarık olduğu zaman” şeklinde bir yanıtınız olmuş. İkinci testte “Işığın kırınım olayı temele dayanır. Yarık aralığı küçüldükçe kırınım oluşur. Tek yarıқта girişim olayıdır. Bu olayda aydınlık ve karanlık saçaklar oluşur tepe – tepe, çukur – çukur aydınlık; tepe – çukur karanlık oluşur” diyorsunuz. “Merkezi aydınlık saçak daha geniş ve parlaktır. Tek yarıқта girişimde her nokta ayrı bir kaynak gibi davranır” diye eklemiştirsiniz. Perde üzerinde bir nokta seçiyoruz. Bu noktanın neye göre aydınlık neye göre karanlık olduğuna nasıl karar vermiştik?

D2: Yol farkına bakarak karar vermiştik. Bu konuda en önemli şey zaten yol farkıydı. Mesela λ 'nın tam katları olduğunda burada karanlık oluyordu. $\lambda/2$ 'nin tek katlarında da aydınlık oluyordu.

Araştırmacı: Nedir yol farkı?

D2: Perde üzerinde bir nokta alırsınız. Yarığın uçları ile birleştirdiğinizde ortaya çıkan iki çizgi olur. Bunların farkı yol farkı olur.

Araştırmacı: Peki biz neden yol farkı aldık?

D2: Çünkü kaynaklar arasında, yani kaynakların o noktaya olan uzaklığını bulmak için yol farkı aldık. Bu bir kaynak olsun. Sonsuz kaynak yok muydu? Evet gerçi tek

yarıkta sonsuz kaynak vardı. Yol farkı almamızın sebebi biz bunu dalgalara benzetmiştik ışığın dalga modeliyle bunu açıkladık.

Araştırmacı: Nerede yol farkı alıyorduk başka?

D2: Şey su dalgalarında alıyorduk. Bu olayı su dalgalarına benzettiğimiz için yol farkı aldık.

D2 öğrencisinin son testte soruya verdiği yanıt bilimsel olarak tam doğrudur. Kendisi ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşme D2'ye ait düşüncelerin bilimsel görüşle bire bir uyumlu olduğunu ortaya çıkarmıştır. D2 öğrencisi, yol farkı kavramını, yol farkının neden alındığını açıklayabilmektedir. Ayrıca Huygens Prensibini ve ışığın su dalgalarına benzetildiğini de belirtmiştir.

Araştırmacı: İlk testimizde; “Işık dalgaları aralıktan geçerken kırılmaya uğrarlar, bu nedenle ışık perdeye homojen olarak dağılmaz ve şekildeki görüntü oluşur” demişsiniz. İkinci teste baktığımızda “Tek yarıktan girişim olayıdır. Işık kaynağından gelen ışınlar yarıktan geçerken belli bir girişim deseni oluştururlar. Aralıktaki her iki nokta sanki bir ışık kaynağı gibi hareket eder ve ışık dalga özelliği göstermesi nedeniyle girişim deseni sonucunda perde üzerindeki şekildeki görüntü oluşur” demişsiniz. Peki bu konuda eklemek istediğin bir şey var mı?

D3: Formülünü unuttum da olay olarak yol farkına bağlı olarak aralığın içindeki her farklı bir noktadan ışık kaynağı sanki bir dalga kaynağı gibi hareket ediyor. Doğal olarak aradaki yol farkına göre en yukarıdaki ile en aşağıdaki eğer arasındaki yol farkı tutuyorsa kimileri birbirini söndürüyor kimileri aydınlatıyor. O da doğal olarak da mesela aydınlık oluyor ya da karanlık.

Araştırmacı: Aydınlatma nasıl oluyor?

D3: Aydınlatma dediğim yerde birbirini güçlendiriyor. Mesela ikisi de nasıl diyeyim dalga katarı mıydı onlar ikisinin de tepesi üst üste geliyor mesela aydınlık oluyor ve ya çukurlar aynı anda geliyorsa yine aydınlık oluyor. Tepe çukur üst üste geliyorsa burada birbirini söndürüyor ama o noktalar arası mesafeyle orantılı bir şey sanırım.

Araştırmacı: Yol farkı dediniz. Nedir yol farkı?

D3: Yol farkı perde üzerindeki bir noktanın kaynaklara olan uzaklığıdır. Bunlar arasındaki farktır.

Araştırmacı: Peki neden böyle bir farkı alıyoruz?

D3: Çünkü ışık dalga hareketi yapıyor. Tepe çukurlardan oluşuyor. O noktaya tepe ve çukur mu geleceğini kaynaklardan onu hesaplayabilmemiz için yol farkını almamız gerekiyor.

Araştırmacı: Yol farkı almamızdaki esas neden nedir?

D3: Biz buradaki olayı su dalgalarından çıkarıp o yüzden yol farkı alıyoruz.

D3 öğrencisinin son testte verdiği yanıtlar bilimsel olarak tam doğrudur. Kendisi ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşmede D3 öğrencisi, yol farkı kavramını ve yol farkının alınma sebebini doğru olarak açıklamıştır. Ayrıca ışığın su dalgalarına benzetildiği fikrini benimsemektedir. D3 öğrencisinin düşüncelerini bilimsel görüşe doğru değiştirdiği öğretim sonrası görüşmeler ile kanıtlanmıştır.

Araştırmacı: İlk testte “Kırınım olayından dolayı aralık küçüldükçe aydınlık ve karanlık bölge oluşuyor” demiştiniz. İkinci teste baktığımızda “Yarıklar arasındaki uzaklık azaldığında ışık daha çok kırınıma uğrar ve bunun sonucunda perde üzerinde aydınlık – karanlık saçaklar oluşur. Bu tek yarıқта girişimdir. Merkezi aydınlık saçak daha geniştir. Çünkü hem bu bölgede hem tepe – tepe hem çukur – çukur karşılaşmıştır” şeklinde yanıtınız olmuş. Öncelikle bu yanıtınızı biraz daha açar mısınız?

D5: Tek yarıқта yarık çok dar olduğunda ışık kırınıma uğruyordu. Yarığın her noktası bir nokta kaynak gibi düşünüyorduk. Huygens prensibi dediğimiz prensibe göre. Bunların girişimi sonunda perde üzerinde aydınlık karanlık saçaklar oluşuyordu.

Araştırmacı: Girişim nasıl oluyor peki?

D5: Işığın dalga gibi olduğunu düşünüyorduk. Tepeler ve çukurları vardır. Tepe + tepe ya da çukur + çukur üst üste bindiğinde aydınlık, tepe ile çukur üst üste bindiğinde karanlık oluşur. Buda girişimdir.

Araştırmacı: Perde üzerindeki bir noktanın aydınlık mı karanlık mı olduğuna nasıl karar veririz peki?

D5: Buna yol farkı olarak karar veririz. Yol farkı dalga boyunun bir iki üç gibi katları ise perdedeki nokta aydınlık oluyordu. $\frac{\lambda}{2}$ nin tek katları ise nokta karanlık gözükiyordu.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

D5: Yol farkı. Bir nokta alıyoruz. Bunu kaynaklara birleştiriyoruz. Bu doğruların arasındaki fark yol farkı oluyor.

Araştırmacı: Kaynaklar derken. Birden fazla kaynak mı var?

D5: Ahh. Hayır ben çift yarıkla karıştırdım. Tamam. Biz burada noktayı tek yarığın uçlarını birleştireceğiz.

Araştırmacı: Sonra ne yapacağız?

D5: Sonra doğruların farkın alacağız.

Araştırmacı: Neden yol farkı alıyoruz, neden böyle bir şey yaptık?

D5: Neden yol farkı alıyoruz... Burada galiba su dalgalarına benzeterek yol farkı alıyorduk. Işığın dalgaya benzediğini söylemiştik. Su dalgalarındaki girişimde olduğu gibi burada da yol farkı aldık.

D5 öğrencisinin son testte verdiği yanıt bilimsel olarak tam doğrudur. Kendisi ile geręekleřtirilen öğretim sonrası görüşmede, D5 öğrencisi yol farkı kavramını, yol farkının alınmasına neden ihtiyaç duyulduğunu başarı ile açıklamıştır. Ayrıca Huygens Prensibini, merkezi aydınlık saçak genişliğinin diğer saçaklara göre kalın olacağını ve işığın dalgaya benzetileceğini de vurgulamıştır. D5 öğrencisi bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimi geręeklemiřtir.

Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan kontrol grubu öğrencisi bulunmamaktadır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %43'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %40'ı soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk testte soruya herhangi bir yanıt vermemiştiniz. İkinci teste baktığımda “Aralıktan çıkan işınlar doğrusal olarak yayılır ve aralık küçüldükçe bu işınlar kırılarak dalga gibi davranır ve her bir işık işını bir biri içinde girişim deseni oluşturur” Öncelikle nedir bu “girişim deseni”?

D1: Girişim deseni soruda da bahsetmişiz zaten, ışık ışınları dalgalar gibi davranırlar, bunlar perde üzerinde girişim deseni oluşturur. Mesela tepe ile tepe üst üste binince aydınlık olur. Bu üst üste binme olayı girişimdir.

Araştırmacı: Tepe diye bir şeyden bahsettin. Bu tepe nereden çıktı.

D1: Tepe...Şimdi biz bu ışığı dalgaya benzetmiştik. Su dalgalarındaki gibi düşünüyorduk ışığı su dalgalarına benzeterek açıklama getirmiştik.

Araştırmacı: “Her bir ışık ışını birbiri içinde girişim deseni oluşturur” bu cümleyi açabilir misiniz biraz?

D1: Burada bu küçük aralık içinde bir sürü kaynak düşünüyorduk. Bu Huygens prensibiydi. Bu kaynakların girişimi sonucunda tek yarıқта girişim olayı oluyordu.

Araştırmacı: Peki perde üzerinde bir nokta düşünelim, bu noktada aydınlık mı olacak yoksa karanlık mı olacak nasıl karar verebiliriz?

D1: Buna yol farkını alarak karar veririm. Yol farkı aldığımızda eğer dalga boyunun tam katı çıkıyorsa o zaman o noktada aydınlık, eğer $\lambda/2$ nin tek sayı katı çıkıyorsa o nokta karanlık görülür. Bu şekilde karar veririz.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

D1: Yol farkı noktanın kaynaklara olan uzaklıkları farkıdır. Noktayı alırsak böyle (eliyle gösteriyor) kaynaklara birleştiririz ve bu iki doğrunun farkını alırsak. (D2 öğrencisi matematiksel anlamda yol farkını doğru olarak göstermiştir)

Araştırmacı: Peki neden yol farkı aldık ki? Neden yani böyle bir şey yaptık?

D1: Su dalgalarına benzettiğimizden her halde, çünkü orada da yol farkı alarak hani hangi düğüm çizgisi hangi katar çizgisi oluşacağına karar vermiştik.

Araştırmacı: Bu soru için söyleyecek başka cümleleriniz var mı?

D1: Söyledim aslında. Burada önemli olan şey ışığın dalga özelliği. Tanecik modeli bu olayı açıklayamıyor. Işığı ancak dalgaya benzeterek bu olayı açıklıyoruz. Girişim önemli. Kırılan ışınlar üst üste biniyor ve bazı noktalarda bunlar bir birini kuvvetlendiriyor. Bazı noktalarda sönmülyüyor. O yüzden perde üzerinde aydınlık ve karanlık bölgeler oluşur.

Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D1'in düşünceleri bilimsel görüş ile bire bir uyum içindedir. Açıklamalarında tek yarıқта girişime değil de çift yarıқта girişime ait bağıntıları kullanmıştır. İkinci sorunun analizinde (çift yarıқта girişim ile ilgili soru) görüleceği gibi D1 öğrencisi aynı

bağıntıları kullanarak yanıt verince kendisine bu çelişkinin nedeni sorulmuştur. D1 öğrencisi kendisinden emin bir şekilde hatalı ifade kullandığını belirtmiş ve hatasını düzelterek bilimsel olarak tam doğru bir açıklama yapmıştır. Kısmi yanıt vermesine rağmen, kendisi ile yapılan görüşme ile aslında düşüncelerinin bilimsel olarak tam doğru olduğu, kendisinin bilimsel olarak kusursuz bir kavramsal anlamaya sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Araştırmacı: İlk testimizde birinci soruya yanıt vermemiştiniz. İkinci teste baktığımızda “tek yarıktaki her nokta ayrı bir kaynak gibi davranır ve bu kaynaklardan çıkan ışınların birbirini destekledikleri yerler aydınlık, sönmüledikleri yerler ise karanlık gözlemlenir” demişsiniz. Nasıl oluyor bu olay biraz açıklayabilir misiniz?

D4: Işığın burada geçiş yaparken geçtiği her noktayı bir kaynak olarak düşünürsek tek yarıktaki buradan bunları yine bir dalga olarak düşünürsek bunların tıpkı su dalgalarında olduğu gibi tepe – tepe olduğu yerlerde veya çukur – çukur olduğu yerlerde biz burada aydınlık saçakları gözlemleriz. Tepe – çukur geldiği zaman bunlar birbirlerini sönmümler ve karanlık olarak görürüz.

Araştırmacı: Peki perde üzerinde bir nokta seçelim bunun aydınlık mı karanlık mı olduğunun nasıl farkına varırız?

D4: λ 'nın katına bakarız.

Araştırmacı: λ nedir?

D4: λ dalga boyudur.

Araştırmacı: Aydınlık mı karanlık mı olduğunu anlamak için nasıl bir yöntem izleriz?

D4: Yol farkı ile λ arasındaki kat ilişkisine bakarız.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

D4: Yol farkı; yarığın iki ucunu ayrı birer kaynak gibi düşünmüştük. Belirlediğimiz noktanın bu iki kaynağa olan uzaklıkları farkı.

Araştırmacı: Neden biz bu yol farkını alıyoruz?

D4: Bilmiyorum

Araştırmacı: Az önce “yol farkı λ ilişkisine bakarız” demiştiniz. Nasıl bakarız bu ilişkiye?

D4: Yol farkı mesela λ , 2λ gibi çıkmışsa perde üzerindeki nokta aydınlıktır o zaman. Ama $\lambda/2$, $3\lambda/2$ gibi çıkarsa aydınlık görürüz.

Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D4 öğretim süresince düşüncelerini bilimsel görüşe doğru değiştirmiştir. Kısmi yanıt vermesine rağmen kendisi ile gerçekleştirilen görüşme düşüncelerinin bilimsel olarak tam doğru olduğunu ortaya çıkarmıştır. D4, yol farkı – dalga boyu ilişkisini açıklayabilmiştir. Yol farkını ve yol farkının neden alındığını ayrıca ışığın dalgaya benzetildiğini belirtmiştir.

Araştırmacı: Peki ilk teste baktığımda “Işık kaynağı arasındaki aralık azaldıkça aydınlık leke giderecek küçülmüş ve en sonunda aydınlık yerlerin yanında karanlık yerler oluşmuştur” şeklinde olmuştu. İkinci teste baktığımızda “t+t, ç+ç aydınlık, t+ç karanlık” demişsiniz. Arkasındanda “kaynak çıkan ışınlar dalgalarındaki girişim gibi girişim deseni oluşturur. Tepe+tepe, çukur+çukur birbirini kuvvetlendirir ve aydınlık bölge oluşur. Tepe ve çukur birbirini söndürür” diye eklemiştir. Diyorsunuz ki; “dalgalar girişim yaparlar”. Nasıl oluyor bu?

K1: Hani işte su dalgalarında olduğu gibi ışık dalgaları da üst üste biniyordu. Tepeler tepelerle birleşiyordu ve aydınlık oluşuyordu. Çukur ile tepe birleşince karanlık oluşuyordu. Yay dalgalarında da böyleydi. Bu olaylar tanecik modelinin açıklayamadığı olaylardı. Ancak ışığın dalga modeli ile açıklanıyordu.

Araştırmacı: Perde üzerinde bu şekilde aydınlık karanlıkların dizilmesi neden?

K1: Bunun sebebi perde üzerinde bu ışık dalgalarının bazı noktalarda bir birini sönmemesi bazı noktalarda ise kuvvetlendirmesi. O şekilde denk geliyor ve diziliyorlar.

Araştırmacı: Perde üzerinde bir nokta düşünelim. Bu noktada aydınlık mı karanlık mı olacağını nasıl anlarsınız?

K1: Nasıl anlarsınız? Burada hatırladığım kadarıyla yol farkı alıyordu. İşte dalga boyunun tam katı olduğunda aydınlık oluyordu. İşte $\frac{\lambda}{2}$ 'nin tek katlarında karanlık oluyordu.

Araştırmacı: Yol farkı?

K1: Yol farkı kaynaklara olan uzaklıklar arasındaki farktı.

Araştırmacı: Gösterebilir misin?

K1: (perdede ki noktayı yarığın uçlarına birleştirdi, üstteki uçtan alttaki doğruya dik indirdi)

Araştırmacı: Yol farkını almamızdaki sebep ne? Neden böyle bir şey yaptık.

K1: Neden böyle bir şey yaptık? Bilemiyorum. Öyle yaptık. Yani mesela 3.karanlık çizgi denilince n yerine 3 yazıyorduk.

Araştırmacı: n derken?

K1: n yol farkı alınca bunu n ye eşitleyip yapıyorduk. Mesela yol farkını aldık yol farkı 2λ çıktı. Bu demektir ki o noktada 2.aydınlık oluşmuş. A ama tek yarıқта böyle olmuyordu. Bir dakika. Ben az öncede hatalı söyledim. Az önce λ 'nın tam katlarında aydınlık dedim bu çift yarığın içindi. Ama tek yarıқта bu değişiyor. Tek yarıқта bu $\frac{\lambda}{2}$ 'nin tek katlarında aydınlık oluyordu tam tersiydi.

Araştırmacı: Bir toplama yapabilir misiniz?

K1: Şimdi yol farkı eğer $\frac{\lambda}{2}$ 'nin tek sayı katları ise perde üzerindeki noktada aydınlık, λ 'nın tam sayı katları ise nokta karanlık olur. Yol farkını neden alıyoruz sorusuna gelince, yol farkını perde üzerinde ne oluşacağını bulmak için alıyoruz.

Araştırmacı: Bunu neye dayandırarak yapıyoruz? Bu konuda fikrin?

K1: Yol farkı alarak karar veriyoruz ama yol farkını neden alıyoruz hatırlayamadım.

Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren K1 öğrencisi, bu olayı ancak ışığın dalga modelinin açıklayabileceğini, aydınlık – karanlık saçakların girişim sonunda oluşacağını belirtmiştir. Ayrıca konuya ait bağıntıları başarı ile kullanabilmektedir. Yol farkı kavramını açıklamış, yol farkı ile dalga boyu ilişkisini kurabilmiştir. Ancak yol farkının neden alındığı konusunda bir fikre sahip değildir. Işığın su dalgalarına benzetildiğini belirtmesine rağmen, yol farkının neden alındığına yanıt verememesi şaşırtıcıdır. Bu konuda bütüncül bir anlamaya sahip olmadığı görülmektedir.

Araştırmacı: Birinci testte bu soruya “ışık kaynağının üzerindeki aralık azaldıkça aydınlık leke küçülür” demişsiniz. “En sonunda aydınlık yerlerin yanında karanlık yerlerde oluşmuş” diyorsunuz. İkinci teste baktığımızda “ışık kaynağından gelen ışınlar dalgalardaki girişim gibi girişim deseni oluştururlar. Tepe ile tepe ve çukur

ile çukur aydınlık kısımları; tepe ile çukur ise karanlık kısımları oluşturmuştur” demişsiniz. Bunu biraz daha açabilir misiniz? Nasıl oluyor bu olay?

K3: Şimdi ışık kaynağından gelen ışınlar ya birbirini sönmüylüyordu ya da birbirini destekleyerek aydınlık ve karanlık saçakları oluşturuyordu. Aydınlık girişim deseninde dalgalarda olduğu gibi tepe ile tepe ve çukur ile çukur birbirini destekleyerek aydınlık bölgeyi; teyle çukurda birbirini sönmüyleyerek karanlık bölgeyi oluşturuyorlar.

Araştırmacı: Peki perde üzerinde bir nokta seçsem bu noktanın aydınlık mı yoksa karanlık mı olduğuna nasıl karar veririz?

K3: Yol farkına bakacağız. Yol farkı eğer dalga boyunun tam katıysa yani λ 'nın tam katıysa aydınlık bölge olacak; eğer $(n-1) / 2$ katıysa karanlık bölge olacak. Yani yol farkını alıyoruz orada.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

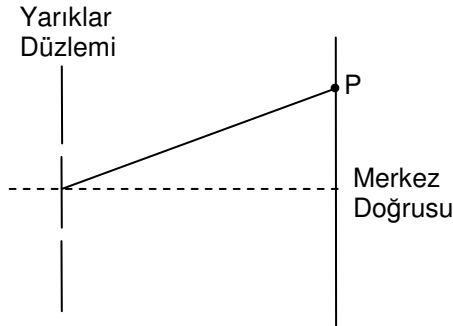
K3: Yol farkı o noktanın kaynağa olan uzaklığıdır.

Araştırmacı: Hangi noktanın?

K3: Perde üzerinde seçtiğimiz nokta.

Araştırmacı: Gösterebilir misiniz?

K3: (Perdede ki noktayı, kaynakları birleştiren doğrunun orta noktasına birleştirdi.)



Şekil 5.2: K3 öğrencisinin yol farkını gösterirken kullandığı çizim

K3 öğrencisinin vermiş olduğu bu yanıtın aynısına Ambrose ve ark (1999)'nın yaptığı çalışmada da rastlanmaktadır. K3 öğrencisinde karşılaşılan bu durum literatür ile uyum içindedir.

Araştırmacı: İlk testte verdiğiniz yanıtı bakarsak, “alan küçüldükçe aydınlık bölgenin alanı daralır. Işık da bir dalga olduğundan dalga dalga yayılmıştır. Orta kısmı net olarak ışık kaynağıyla temas ettiği için o bölge aydınlıktır (odaklanmıştır)” şeklinde bir yanıtınız vardı. İkinci testte yanıtınız “ışık dalgalar halinde hareket ettiğinden perde üzerinde tepe – tepe ya da çukur – çukur geldiği yerler aydınlık birbirlerini söndümedikleri yerler karanlık, yol farkının farklı olması nedeniyle de dalgalar farklı şekillerde desen oluşturur” şeklindedir. Bu yanıtı biraz daha açar mısınız?

K4: Derste de gördüğümüz gibi. Işık dalga özelliği gösterir. Bu dalgaya ait tepe ve çukurlar var. Bunlar perde üzerinde üst üste biniyorlar. Tepe – tepe ve çukur – çukur üst üste bindiğinde perde üzerinde aydınlık bölge oluşur. Tepe – çukur ise karanlık oluşur.

Araştırmacı: Burada yol farkı diye bir şeyden bahsediyorsun nedir bu yol farkı?

K4: Mesela bir nokta alalım. Perde üzerinde. Bu noktayı kaynaklara birleştirelim. Bu doğruların arasındaki fark yol farkıdır.

Araştırmacı: Neden böyle bir fark alma ihtiyacı duyduk?

K4: Öyleydi. Yani bu konuda yol farkı alıyorduk.

Araştırmacı: “yol farkının farklı olması nedeniyle dalgalar farklı şekillerde desen oluştururlar” demişsiniz. Bunu biraz daha açabilir misiniz?

K4: Bu yol farkı aslında belirleyici bir şeydi. Yani perde üzerinde aydınlık mı olacak karanlık mı olacak belirliyordu. Mesela yol farkı dalga boyunun tam katı ise noktada aydınlık vardı. Yarım dalga boyunun tek katları ise karanlık oluyordu.

Araştırmacı: Peki niçin yol farkı aldık acaba?

K4: Niçin aldık... Bilemiyorum. Öyleydi.

Araştırmacı: Odaklanma şeklinde bir görüşünüz vardı. Işık doğrudan karşıya temas ettiği için orası aydınlık olur demiştiniz ilk görüşmemizde. Bu fikrinde bir değişim görüyorum. Nasıl açıklarsınız bu değişimi?

K4: Biz bu konuyu görmüştük ama öyle geçmiştik. Biraz attım. Ya da bana mantıklı gelen bir açıklama yaptım.

Araştırmacı: Şu an ne düşünüyorsunuz. Bu fikir sizce hala mantıklı mı?

K4: Değil. Çünkü aslında mantıklı olsa bile sadece ortadaki aydınlığı açıklıyor. Halbuki bir sürü aydınlık karanlık var.

K4 öğrencisi, yapıcı ve bozucu girişimi kullanarak girişim desenini başarı ile açıklamıştır. Yol farkı kavramını ve yol farkı dalga boyu ilişkisini açıklamıştır. Ancak K1 öğrencisinde olduğu gibi yol farkının neden alındığı konusunda bir fikri bulunmamaktadır. Kontrol grubunda görüşme yapılan iki öğrencide (K1 ve K4) görülen bu durumun özellikle üzerinde durulmalıdır.

Araştırmacı: İlk teste baktığımda “Işık ışınları kırınım olayına uğramıştır. Bu yüzden perde üzerinde aydınlık ve karanlık saçaklar oluşmuştur” şeklinde yanıtınız olmuştur. İkinci teste baktığımda “Aydınlık kısımlarda tepe – tepe veya çukur – çukur bir araya gelmiştir. Siyah görünen kısımlarda ise tepe – çukur bir araya gelmiş ve karanlık görüntü oluşmuştur. Işığın iki dalga tepesi veya iki dalga çukuru bir araya gelince aydınlık, tepe çukuru bir araya gelince karanlık oluşur” şeklinde bir yanıt vermişsiniz. Öncelikle bahsettiğiniz tepe çukurlar ne demek?

K5: Işığın tepe ve çukurlardan oluştuğunu düşünüyorduk. Öyleydi.

Araştırmacı: Işığın tepe ve çukurları mı var?

K5: Öyle değil. Mesela ışığı biz dalgaya benzettik. Dalga özelliği gösteriyor dediğimiz için tepe ve çukurlardan bahsettik.

Araştırmacı: “Tepe ve tepe bir araya gelirse” demişsiniz. Bir araya gelmek derken neyi kastediyorsunuz?

K5: Burada tepe ve tepe üst üste biniyor. Yani perde üzerinde girişim yapıyorlar.

Araştırmacı: Girişim ne demektir?

K5: İşte bu ışık dalgalarının birleşmesi, tepenin tepe ile üst üste binmesi girişim olur. Oda aydınlık oluşturur.

Araştırmacı: Peki perde üzerinde aydınlık mı yoksa karanlık mı oluşacağına nasıl karar veriyoruz?

K5: Ona karar verirken yol farkı alırsınız. Yol farkı eğer dalga boyunun tam katları ise aydınlık olur, yarım dalga boyunun tek katları ise karanlık oluşur.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

K5: Yol farkı kaynaklara olan uzaklıktı galiba.

Araştırmacı: “Kaynaklara olan uzaklıktı galiba” derken neyi kastediyoruz?

K5: Perde üzerinde bir noktanın kaynaklara uzaklığıydı.

Araştırmacı: Gösterebilir misiniz?

K5: (perde üzerine bir nokta çizdi ve bunu hangi uca birleştireceğini düşündü. Karar veremeyince, yarıkları birleştiren doğrunun orta noktasına birleştirdi)

Araştırmacı: Bu uzaklığa yol farkı diyorsun?

K5: Evet.

Araştırmacı: Neden yol farkı alıyoruz?

K5: ... Bilemiyorum.

K5 öğrencisi yapıcı ve bozucu girişim sonunda aydınlık – karanlık saçakların oluşacağını açıklamıştır. Işığın dalgaya benzetildiğini vurgulamıştır. Perdedeki bir noktanın aydınlık mı yoksa karanlık mı olacağına yol farkına bakılarak karar verilebileceğini ifade etmiştir. Ancak yol farkının neden alındığı konusunda bir fikri bulunmamaktadır. Ayrıca yol farkının alınması konusunda yanlış kavramsal anlamaya sahiptir. K5 öğrencisinde gözlemlenen yanılğı, K3 öğrencisinde ki ile aynıdır. K5 öğrencisi yol farkını alırken perde üzerindeki noktayı, yarıkları birleştiren doğrunun orta noktası ile birleşmiştir. Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinde önemli öğrenme eksikleri bulunmaktadır. Öğrenci fikirlerine değer verilmeyen paylaşımsız öğrenme ortamı şüphesiz bunun en önemli nedenidir.

Genel olarak bakılırsa deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %62'si, kontrol grubunun ise %50'si bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Analizde, bilimsel olarak tam doğru yanıtın bir kısmının söylenmesi, “bilimsel olarak kısmen doğru” kabul edilmiştir. Deney grubunda bilimsel olarak kısmen doğru yanıt verenler, tam yanıtı ait beş öğeden yalnızca birini yazmamışlardır. Örneğin öğrenci yapıcı ve bozucu girişimden bahsetmiş ama olaya tek yarıta girişim demediğinden kısmen doğru yanıt vermiş sayılmıştır. Özellikle kısmi yanıt veren öğrencilerin çoğu Huygens prensibini belirtmeden açıklama yapmışlardır. Aslında yanıtın doğru olduğu hissedilse de, tam yanıtın tüm öğeleri belirtilmediği için kısmen doğru kısmına alınmış, bu konuda katı davranılmıştır. Bu bakımdan incelendiğinde deney grubunun kısmen doğru yanıtları, kontrol grubunun kısmen doğru yanıtlarına göre açıklama yönünden oldukça zengindir. Bu durumu daha iyi betimleyebilmek için; aşağıda deney grubu ve kontrol grubu öğrencilerinin vermiş olduğu kısmi yanıtlar verilmiştir.

D1: Bu olay ışığın dalga özelliğinden kaynaklanır. Aralık küçüldükçe, yarığın her bir noktası bir biri içinde girişim deseni oluşturur.

D4: Burada yarığın her noktası ayrı ayrı dalga kaynakları gibi davranırlar. Işık dalga özelliği gösterir. Tepe – tepe ve çukur – çukur gelen yerler aydınlık, tepe – çukur gelen yerler karanlık olur.

D15: Burada yarığın her noktası kaynak gibi düşünülür. Bu kaynakların ışık dalgalarının tepeleri ya da çukurları karşılaşırsa aydınlık, tepe ve çukurları karşılaşırsa karanlık olur.

K1: Işığın girişimi sonucunda, tepe+tepe ve çukur+çukur aydınlık, tepe çukur karanlık olur.

K4: Tepe+tepe ve çukur+çukur aydınlık, tepe çukur karanlık olur.

Kontrol grubunun kısmi yanıtlarının, deney grubuna ait kısmi yanıtlara göre nitelik bakımından zayıf olduğu görülmektedir.

Son test sonuçlarına bakıldığında deney grubunda ışığın dalga modeli fikrini içeren ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar %24 oranında iken, kontrol grubunda bu oran %30 olarak bulunmuştur. Bu kategoride yanıt veren öğrencilere ait yanıtlar aşağıda aktarılmıştır.

Hem deney hem de kontrol grubundaki öğrenciler son testte olayları geometrik optik ile açıklamayı bırakmış gözükmediler

D6: Işığın dalga modeli

D12: Belli bir mesafeden sonra girişim yaparlar, bunun sonucunda aydınlık karanlık saçaklar oluşur.

D13: Yarık genişliği azaldıkça $\lambda > \omega$ olur ve ışık dalga şeklinde yayılmaktadır. Yarık küçüldükçe karanlık alanlar artmakta, en sonunda yeterli boyuta geldiğinde tek yarıktaki girişim olayı gerçekleşmektedir.

D19: Yarık genişliği azaldıkça oluşan aydınlık karanlık saçak sayısı artar.

D21: Aralık iyice küçüldükten sonra ışık kaynağından çıkan ışınların tepe ve çukurları karşılaşmaya başlar.

K7: Saçak aralıkları azalır ve bu yüzden karanlık aydınlık saçaklar oluşur.

K8: Işık kaynağı ile perde arasındaki uzaklık azaldıkça aydınlık karanlık saçak oluşur.

K9: Tek yarıktaki girişimdir.

K18: Bu olay tek yarıktaki girişimdir.

K19: Işık su dalgalarında olduğu gibi kırınıma uğrar, dalga leğeninde olduğu gibi tepe ve çukurlar oluşur.

K20: T+T aydınlık, T+Ç karanlık.

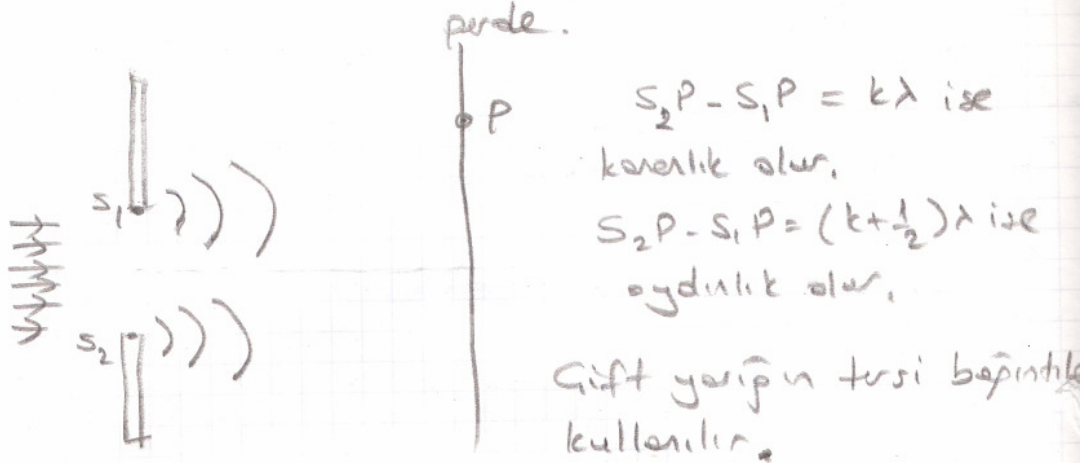
Yanıtlara tümüyle yanlış değildir. Açıklamalar nitelik bakımından oldukça zayıftır. Bu kategoride yanıt veren öğrenciler olayları nedenleri ile birlikte açıklamamışlardır. Dolayısıyla yanıtlar bilimsel olarak kabul edilemezdir. Burada özellikle D13 ün yanıtı dikkat çekmektedir. “Işığın dalga boyu yarıktan büyük olduğunda $\lambda > \omega$ girişim gerçekleşir” demiştir. Bu durum D13 ün bu bakımdan su dalgası ile ışığı aynı kefeye koyduğunu göstermektedir. Bilimsel olarak; su dalgalarında $\lambda > \omega$ durumunda kırınım gerçekleşmektedir. Ancak ışığın dalga boyuna göre çok büyük bir yarıktaki ışığın kırınımı gerçekleşebilmektedir.

Genel olarak bakıldığında deney grubunun %38’i, kontrol grubunun ise %50’si bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Deney grubu bu konuda da kontrol grubuna göre üstünlüğünü korumuştur. İlk bakışta deney grubunda bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlarda artış görülebilir, ancak bu normal karşılanmalıdır. Ön testte deney grubu öğrencilerinin %62’si soruya yanıt vermemiştir. Son teste bakıldığında deney grubunda soruya yanıt vermeyen öğrenci bulunmadığı görülecektir.

Analizin önemli sonuçlarından biri de hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencilerin hibrit yanıtlar geliştirmeleridir. İki tür yanıt bu kategoriye alınmıştır:

- Olayları hem fizik hem de geometrik optik ile açıklayan yanıtlar.
- Okul öğretmeninin aktardıkları ile araştırma sırasındaki öğrenmeleri birleştirerek oluşturulan yanıtlar.

Öğrencilerin defterleri incelendiğinde, Şekil 5.3’de görüldüğü gibi okul öğretmeni tarafından yapılan öğretimde ışığın yarığın uçlarında bükülerek girişim yaptığının belirtildiği görülmüştür.



Şekil 5.3: D1 öğrencisinin okul defterinden alınan ve tek yarıқта girişimi açıklayan çizim

Deney grubu öğrencilerinin %14’ü (3 kişi), kontrol grubu öğrencilerinin %20’si (4 kişi) hibrit yanıt vermiştir. Bu sonuçlar Ambrose ve ark. (1999)’nın bulguları ile uyum içindedir.

K2: Aralık küçüldükçe fant üzerindeki deliğin kenarları ayrı ayrı ışık kaynakları gibi davranır. Girişim deseni oluşturur. Çift kaynak gibi davranan ışınların tepe+tepe, çukur+çukur geldiği yerlerde aydınlık, tepe+çukur geldiği yerlerde karanlık olur.

K2 ile gerçekleştirilen öğretim sonu görüşmeye ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: “Aralık küçüldükçe fant üzerindeki deliğin kenarları ayrı ayrı ışık kaynakları gibi davranır ve girişim desenleri oluşur. Bu yansıyan ışınlar çift kaynak gibi davranır. Işık ışınlarınının tepe – tepe, çukur – çukur geldiği yerde aydınlık; tepe – çukur geldiği yerde karanlık gelmesinden kaynaklanır” demişsiniz. Bu olayı biraz daha açıklayabilir misiniz?

K2: Bu fant üzerindeki deliğe geldiği zaman ışık kaynağı üzerindeki ışınlar fantın üzerindeki kenarlara ulaştığı zaman ayrı ışık kaynakları gibi davranıyor. O yüzden bir ışık kaynağı iki ışık kaynağı gibi oluyor. Daha sonra bunların perde üzerinde aydınlattıkları bölgelerde birbirinin üzerine gelerek sönmülyor. İşte o zaman

karanlık ve aydınlık bölgeler oluşuyor. Eğer ikisinin aydınlık kısmı birbirinin üzerine gelirse, yani tepe – tepe ya da çukur – çukur üst üste gelirse aydınlık; birinin tepesi ile diğerinin çukuru gelirse de karanlık oluşuyor. Dalga modeli gibi girişim yapıyor.

Araştırmacı: “Fant üzerindeki deliğin kenarları iki ayrı ışık kaynağı gibi davranır” demişsiniz.

K2: Bu fantın üzerindeki deliklerin her biri iki ayrı ışık kaynağı gibi davranıyor. Daha sonra bunlar gidiyor, çift yarık olsaydı iki tane ayrı ışık kaynağı olacaktı. Fakat tek yarıktaki tek yarık olduğu için bu tek yarığın şuradaki kenarları çift yarık gibi davranıyor çift ışık kaynağı gibi.

Araştırmacı: Burada perde üzerinde bir nokta alındığında bu noktanın aydınlık mı yoksa karanlık mı olduğuna nasıl karar verebiliriz?

K2: Bu noktaların ışık kaynaklarına uzaklık farkından. Yani burada tek yarık olduğu için buradaki köşelere olan uzaklık farkını alacağım yani. Her iki köşenin belirtilen bir P noktasına olan uzaklığı arasındaki farktan. Eğer bu rasyonel bir değer çıkarsa aydınlık.

Araştırmacı: Rasyonel derken?

K2: Ya $3/2$ gibi bir değer mesela. Tek yarık olduğu için $n\lambda$ cinsinden çıkarsa karanlık oluyor. $(n-1)/2$ gibi bir şey çıkarsa aydınlık oluyor.

Araştırmacı: Neden yol farkını alıyorsunuz?

K2: Çünkü yol farkı sayesinde girişim desenleri oluşuyor. Yol farkının eşit olduğu zaman, yol farkının farklı olduğu zaman yol farkının arasındaki farktan dolayı aydınlık – karanlık bölgeler oluşuyor.

Araştırmacı: Yol farkı sıfır olursa oluşmaz mı?

K2: Yol farkı sıfır olursa ortada merkezi aydınlık saçak oluşuyor. O da iki kat büyüklükte oluyor. Çünkü birbirini sönmüleyemiyor aynı kaynaklar tamamen ışığı yansıtıyorlar.

K2 öğrencisi neredeyse bilimsel olarak tam doğru yanıtı vermiştir. Ancak Huygens prensibini değil de, önceden katılmış olduğu öğretimlerden kalan “yarığın uçları iki kaynak gibi davranır” fikrini savunmuştur. Bu bilimsel olarak kabul edilmeyen bir durumdur.

Bu yanlılık Ambrose ve ark (1999)'ı tarafından yapılan çalışmada da özellikle vurgulanmaktadır. Özellikle kontrol grubunda hibrit yanıt olarak kategorize edilen yanıtların tümü bu türdendir. Öğrenciler öğretim sırasında Huygens Prensibi ile tanışmış olsalar da, gerek yeterince tatmin olmamalarından, gerekse eski öğrenmeleri anlama bakımından kolay geldiğinden dolayı bu fikri (ışık yarığın uçlarında bükülür fikri) ısrarla savunmuşlardır.

Kontrol grubunda bulunan ve hibrit yanıt veren öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda verilmiştir. (K2 ile birlikte toplam 4 öğrenci)

K10: ışık tek yarıktan geçip aydınlattığı yer geniştir. Diğer yerler tepe+tepe aydınlık, tepe çukur karanlık olur.

K14: Yarıktaki her nokta kaynak gibi davranır. Ancak yarığın uç kısımları iki ışık kaynağı kabul edilir. Işık dalga özelliği gösterir.

K17:Işık ışınları yarığın uçlarında bükülürler. Bükülen ışık dalgaları üst üste bindiğinde bu desen oluşur. Tepe+tepe ve çukur+çukur aydınlık, tepe+ çukur karanlık olur. Bu olay tek yarıқта girişimdir.

Görüldüğü gibi kontrol grubunda ciddi hatalar bulunmaktadır. K10 merkezdeki aydınlık saçığı yarıktan direk geçen ışığın oluşturduğunu ve diğer aydınlık karanlık saçıkların ise girişim sonucunda oluştuğunu düşünmektedir. Yani merkezi aydınlık saçığı açıklamak için geometrik optiği, diğer aydınlık ve karanlık saçıkları açıklamak için ise ışığın dalga modelini (fizik optik) kullanmaktadır. K14 araştırmadaki öğretimden etkilenmiş ama halen kendi öğretmeninin öğretimi etkisinden kurtulamamıştır. K14 “yarıktaki her nokta kaynak gibi davranır” diyerek Huygens Prensibini kabul etmiş, ancak olayı açıklarken yine eski öğrenmesinin etkisinde kalarak “ancak yarığın uçları iki ışık kaynağı kabul edilir” demiştir. K17 de ise daha önce K2 öğrencisinde görülen hatanın aynısı görülmektedir. Işığın yarığın uçlarında büküleceğini söylemiştir.

Deney grubunda ise hibrit yanıtlar bir öğrenci haricinde (D14) yukarıda belirtilen hibrit yanıt kategorilerinden ilkinde girmektedir.

D14: Dalga modeli ile açıklarız. Yarığın uçları iki ayrı kaynak gibi davranır. Kırınım olur ve girişim deseni oluşur. Tepe+tepe ve çukur+çukur üst üste binerek aydınlıkları, tepe+çukur üst üste binerek karanlıkları oluşturur.

D14 bilimsel görüşe çok yakın bir yanıt vermesine rağmen ışığın yarığın uçlarında bükülmesi fikrine sahiptir.

Hibrit yanıt veren deney grubu öğrencileri (D14 dışında) Huygens Prensibini benimsemiş gözükmektedir. Deney grubunda hibrit yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda verilmiştir.

D9: Işığın tanecik modelinden dolayı yarıқта birden fazla küçük noktasal kaynak varmış gibi davranır. Tek yarıқта girişim olur.

D20: Yarık genişliği değıştikçe ışık yarığın iki ucundan yansıyarak iki kaynak gibi davranır ve girişim oluşturur. Bu girişimde tepe ve çukurlar birbirini desteklerse karanlık, söndürürlerse aydınlık saçaklar oluşur.

D9, Huygens prensibindeki yarığın her noktasının bir kaynak gibi düşünülmesi olayının ışığın tanecik modelinden kaynaklandığını söylemiştir. Bunun dışında söyledikleri bilimsel görüş ile uyumludur, ancak belirtilen hatasından dolayı hibrit yanıt verdiği kabul edilmiştir. D20 ise ışığın yarığın iki ucundan yansıyarak girişim oluşturduğunu düşünmektedir. Deney grubunda hibrit yanıt veren 3 kişiden ikisi, ışığın dalga modeli ile tanecik modelini birleştirerek yanıt vermişlerdir. Yalnız bir kişide, kontrol grubunda yaygın olan “ışık yarığın uçlarında bükülür” yanıtı görülmektedir.

Son testte sezgisel yanıt, kodlanamaz yanıt kategorilerinde yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Ayrıca son testte soruyu yanıtsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

5.2.1.3 Tartışma

Ön testte öğrencilerin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar veremedikleri görülmektedir. Ön testte deney grubu öğrencilerinin %19'u, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermiş olsalar da, bu yanıtlar bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlardır. Ön testte kontrol grubu öğrencilerinin %20'si soruyu beklenen bir sonuç olarak geometrik optik bilgileri ile açıklamaya çalışmışlardır. Deney grubunun büyük bir çoğunluğu (%62) soruyu yanıtızsız bırakırken, kontrol grubunun büyük çoğunluğu (%40) soruya kodlanamaz yanıt vermişlerdir. Ön test sonuçları her iki gruptaki öğrencilerin ışığın tek yarıktaki girişimi konusunda bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %19'u, kontrol grubu öğrencilerinin %10'u soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren deney grubu öğrencileri ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşmeler bu öğrencilerin bilimsel görüşle bire bir uyum içinde düşüncelere sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır.

Son testte deney grubu öğrencilerinin %43'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %40'ı soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D1 ve D4 ile gerçekleştirilen görüşmeler ile bu öğrencilerin son testte nitelik bakımından zayıf yanıtlar verdikleri, aslında düşüncelerinin bilimsel görüşü yansıttığı ortaya çıkarılmıştır. Ancak bu olumlu tablo, kontrol grubu için geçerli değildir. K1 ve K4 öğrencileri yol farkı kavramını açıklayabilmekte ancak yol farkının neden alındığı konusuna açıklık getirememektedirler. Ayrıca yapılan son görüşmelerde K3 ve K5 öğrencilerinde yol farkı almada hatalar gözlenmiştir. K3 ve K5 öğrencileri yol farkı ile dalga boyu ilişkisini kurabilmekte ancak yol farkını alırken perde üzerindeki bir noktayı Şekil 5.2'deki gibi yanıkları birleştiren doğrunun orta noktasına birleştirmektedirler. Bu çelişki öğrencilerin öğretim sürecinde bilgiyi zihin süzgecinden geçirerek yapılandıramadıklarını ve bütüncül kavramsal anlamayı gerçekleştiremediklerini göstermektedir.

Genel olarak deney grubu öğrencilerinin %62'si, kontrol grubu öğrencilerinin %50'si bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Sayısal olarak deney grubunun önde olduğu görülmektedir. Ancak kontrol grubunda kısmi yanıt veren öğrenciler (K1, K3, K4, K5) ile yapılan görüşmelerde bu öğrencilerde ciddi öğrenme eksikleri ve kavram yanlışlarının bulunduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla deney grubu, kontrol grubuna göre sayısal verilerin gösterdiğinden daha da öndedir.

Analizin önemli sonuçlarından biri de hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencilerin hibrit yanıtlar geliştirmeleridir. Deney grubu öğrencilerinin %14'ü (3 kişi), kontrol grubu öğrencilerinin %20'si (4 kişi) hibrit yanıt vermiştir. Bu sonuçlar Ambrose ve ark. (1999)'nın bulguları ile uyum içindedir.

Hibrit yanıt veren öğrencilerden bazıları (K2, K14, D14) ışığın yarığın uçlarında büküleceği ve bu bükülen ışınların girişim yapacağı düşüncesine sahiptirler. Hibrit yanıt veren diğer öğrenciler de (K10, K17, D9, D20) ışığın dalga ve tanecik modelini bir arada kullanmaktadırlar. Örneğin K10 öğrencisi merkezi aydınlık saçığı geometrik optik ile (tanecik modeli) diğer aydınlık - karanlık saçakları ise ışığın girişimi ile (dalga modeli) açıklamaktadır. Bu bulgular Ambrose ve ark. (1999)'nın bulguları ile uyum içindedir. "ışığın yarığın uçlarında bükülmesi" fikrinin ısrarla savunulmasında neden olarak okul öğretmenin yapmış olduğu öğretim gösterilebilir. Bu fikir, öğrencilere Huygens Prensibine göre daha kolay anlaşılır gelmektedir. Ancak bu durum bilimsel olarak kabul edilemez bir durumdur. Kimi öğrenciler de geometrik optik bilgilerini kullanma alışkanlıklarını yenememişlerdir. Gerek açıklama bakımından kolay olması, gerekse öğrencilerin geometrik optik ile ilgili uzun geçmişlerinin olması bu durumun nedeni olarak gösterilebilir.

Sonuç olarak; deney grubu bilimsel olarak tam doğru ve bilimsel olarak kısmen doğru kategorilerinde kontrol grubunun önündedir. Anlatımlardaki açıklık ve zenginlik bakımından da deney grubu öndedir. Yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği deney grubu öğretiminde yapılan etkinliklerin, grup ve sınıf tartışmalarının öğrencilerin açıklamalarını zenginleştirmek adına olumlu katkılar sağladığı görülmektedir. Kontrol grubu açıklamaları yukarıdaki örneklerde de

görülebileceği üzere nitelik bakımından zayıf kalmıştır. Yine yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği deney grubu uygulanan öğretimi kabul etmiş ve Huygens Prensibini benimsemiştir. Kontrol grubunda ise Huygens Prensibine karşı direnenlerin sayısı fazladır.

5.2.2 Kavramsal Anlama Testindeki 2.Soruya Ait Bulgular

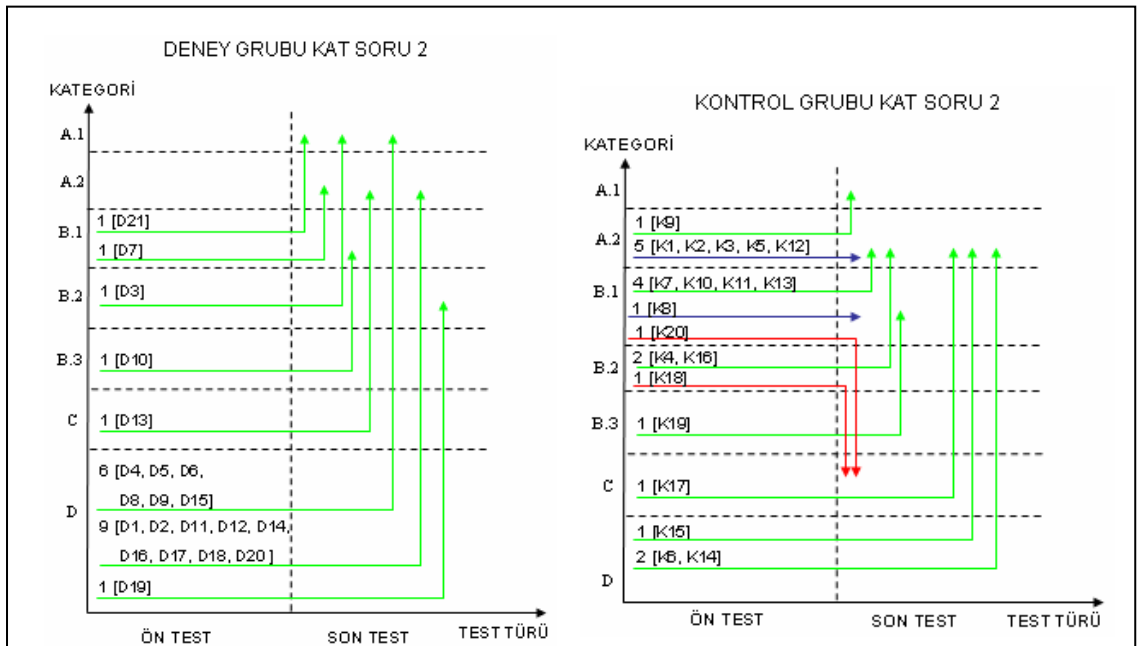
Kavramsal anlama testinin ikinci sorusu daha öncede belirtildiği gibi öğrencilerin çift yarıқта girişim ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Verilerin Analizi bölümünde açıklandığı gibi öğrencilerin yanıtları kategorize edilmiş ve Tablo 5.4 oluşturulmuştur

Tablo 5.4: Öğrencilerin 2. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları

YANIT TÜRLERİ	DENEY GRUBU		KONTROL GRUBU	
	Ön Test n (%)	Son test n (%)	Ön Test n (%)	Son Test n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar				
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt				
“İki yarıktan çıkan ışık dalgalarının girişimi sonucunda çift yarıқта girişim deseni oluşur. Işık dalgalarının birbirini kuvvetlendirdiği (T+T veya Ç+Ç) noktalar aydınlık, sönmlediği noktalar (T+Ç) karanlık olur”	0	8 (38,01)	0	2 (10,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Çift yarıқта girişimdir. Yani T+T ve Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık olur. Ancak tek yarığın aksine çift yarıқта merkezi aydınlık saçak küçüktür.” ➤ “Işığın dalga özelliğinden dolayı T+T ve Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık olur” ➤ “ışık çift yarıktan geçerek perde üzerinde girişim deseni oluşturmuştur.” 	0	11 (52,38)	6 (30,00)	14 (70,00)
Ara Toplam 1	0	19 (90,47)	6 (30,00)	16 (80,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				

Tablo 5.4'ün devamı

1. Işığın Dalga Modeli Fikrini İçeren Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Çift yarıktan girişim olmaktadır. Işık bir yarıktan aydınlık faz diğer yarıktan da aydınlık fazla gelirse aydınlık olmakta, bir kaynaktan aydınlık faz, diğer kaynaktan karanlık faz gelirse bu karanlık saçak meydana gelir.” ➤ “T+T, Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık” ➤ “kırınım, girişim” ➤ “Aydınlık ve karanlık çizgilerin oluşumu ışığın önündeki yarık sayısına ve yarık genişliğine bağlıdır.” 	2 (9,52)	1 (4,76)	6 (30,00)	2 (10,00)
2. Olayları Geometrik Optik Açıklayan Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Çift yarık olduğu için bazı yerlere ışık ulaşır, bazı yerlere ulaşmaz böylece aydınlık ve karanlık saçaklar oluşur.” ➤ “Aralık kapandıkça ışık karşıya daha az geçer, aydınlık azalır, karanlık artar” ➤ “Işık iki farklı noktadan kırılır, ışınların çakıştığı noktalarda karanlık oluşur.” 	1 (4,76)	1 (4,76)	3 (15,00)	0
3. Sezgisel Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Işığın bazı bölgelere ulaşmaması. Işık çok küçük bir yarığa gelip sıkışmış sonra dağılmıştır. Bu olay iki yarık olunca iki kez gerçekleşir” 	1 (4,76)	0	1 (5,00)	0
Ara Toplam 2	4 (19,04)	2 (9,52)	10 (50,00)	2 (10,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	1 (4,76)	0	1 (5,00)	2 (10,00)
D. Yanıtsız	16 (76,19)	0	3 (15,00)	0
TOPLAM	21 (100)	21 (100)	20 (100)	20 (100)



Şekil 5.4: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 2.soruya ait fikirlerinin gelişimi

Kavramsal anlama testinin ikinci sorusu öğrencilerin çift yarıktaki girişim ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Soruya verilen yanıtların bilimsel olarak tam doğru kabul edilebilmesi için, ışığın dalga özelliğinin, ışığın girişiminin, yapıcı (Tepe – Tepe ve Çukur – Çukur) ve bozucu girişimin (Tepe – Çukur) belirtilmesi şart kabul edilmiştir.

5.2.2.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön teste, deney grubu ve kontrol grubunda soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Deney grubunda bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren öğrenci bulunmamakta, bununla birlikte kontrol grubunda kısmi yanıt veren 6 kişi (%30) bulunmaktadır. Kısmi yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan kontrol grubu öğrencilerine ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: Peki ikinci soru için ne söyleyebilirsiniz? Burada da deneyi aynen tekrarlıyoruz sadece aralığımız iki tane ve yine aydınlık – karanlık çizgileri elde ediyoruz.

K1: Bu sefer iki tane yarıklı engel var. Işık ışınları dalga hareketi yapar diye düşündüm. Tepe ve çukurlar oluşturur. Bir de tepe – tepeler bir araya gelince aydınlık bölgeyi oluşturur.

Araştırmacı: Çukur – çukurlar karanlığı oluşturur demişsiniz. Nedir bu tepeler, çukurlar. Nereden çıktı?

K1: Işığın tepeleri vardı, çukurları vardı.

Araştırmacı: Işığın tepesi – çukuru mu oluyor?

K1: Işığın çukuru...Hatırlamıyorum. Işığın mı bilmiyorum ama tepe ve çukurlar vardı.

Araştırmacı: Az önce de “ışık dalga hareketi yapar dolayısıyla tepe ve çukurlar oluşturur” demiştiniz bunu neye dayanarak söylediniz?

K1: Benim hatırladığım işte bu şekilde tepe ve çukurlar vardı. Dalga gibi. Işık dalga özelliği gösteriyordu. Onunda tepe ve çukurları vardı.

Araştırmacı: “tepe tepeler bir araya gelince aydınlıklar oluşur” demişsiniz. Bu nasıl oluyor biraz daha açabilir misiniz?

K1: Mesela tepe ile bir çukur karşılaştınca birbirini söndürür. Karanlık olur. Tepe – tepe söndürmez aydınlık olur.

Araştırmacı: Testteki yanıtlarınızda “çukur – çukur karanlığı oluşturur” demişsiniz ama. Şu an “tepe ile çukur karşılaştı karanlık olur” diyorsunuz.

K1: Evet...Çukur – çukur karanlık olur. Tepe ile çukur... Bilemiyorum.

Araştırmacı: Peki bu aydınlık – karanlık saçaklar nasıl oluşuyor?

K1: Dediğim gibi tepe – tepe bir araya geliyor aydınlık oluyor, çukur – çukur herhalde bunlarda karanlığı oluşturuyor.

Araştırmacı: Peki aydınlık – karanlık saçakların bu şekilde sıralanmalarının nedeni nedir?

K1: ...Bilemiyorum.

K1 öğrencisi ön testte, bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Kendisi ile yapılan ön görüşmede ışığı dalgaya benzetmiş, tepe ve çukurların olması gerektiğini belirtmiştir. Tepe ile tepenin bir araya geldiğinde aydınlık oluşturacağını belirtmekte, ancak karanlığın oluşması konusunda karmaşa yaşamaktadır. K1 öğrencisi kavramsal anlama testindeki yanıtında çukur ile çukurun bir araya gelmesi sonucunda karanlık olur ifadesini kullanmıştır. Görüşme kayıtlarında görüleceği gibi bir soruya “tepe ile çukur karanlığı oluşturur” şeklinde yanıt vermesi araştırmacıyı kuşkulandırmış ve kendisine bu çelişkinin nedeni sorulmuştur. Bu soru karşısında K1 zihninde bir karmaşa yaşamıştır. Kendisine yeniden sorulan, aydınlık – karanlık saçakların nasıl oluştuğu sorusu karşısında K1 öğrencisi, “tepe – tepe bir araya geliyor aydınlık oluyor, çukur – çukur herhalde bunlarda karanlığı oluşturuyor.” şeklinde bir yanıt vermiştir. Ayrıca K1 öğrencisi “girişim” kavramı yerine “bir araya gelme” ifadesini kullanmaktadır. Aydınlık – karanlık saçakların perde üzerindeki dizilimlerini açıklayamamıştır. Ön testteki yanıtı ve görüşmeler ile ortaya çıkarılan düşünceleri, kendisinin kısmen doğru düşündüğünü ancak bilimsel görüşe hayli uzak olduğunu göstermektedir.

Araştırmacı: Burada da tepe – tepe, çukur – çukur aydınlık tepe – çukur karanlık demişsiniz. Bu olayı nasıl açıklarsınız?

K2: Açıklayamam. Formülü biliyorum ama açıklama yok yani. Bu şekilde oluştuğunu biliyorum ne zaman aydınlık ne zaman karanlık olduğunu da biliyorum ama niye olduğunu bilmiyorum.

Araştırmacı: Peki ne zaman aydınlık ne zaman karanlık oluşur?

K2: Dediğim gibi tepe – tepe mesela aydınlık olur. Tepe – çukur karanlık oluşur.

Araştırmacı: Nedir bu tepe ve çukurlar?

K2: Bilemiyorum hocam vardı ama...

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçakların perde üzerinde dizilmelerinin nedeni nedir?

K2: Bilemiyorum hocam.

K2 öğrencisi önceden katıldığı kurs ve kendi okul öğretmeni tarafından gerçekleştirilen öğretimde yer aldığı için, kendisine özgü yanıtlar vermekten kaçınmakta, konuyu hatırlayamadığından soruları yanıtsız bırakmayı tercih etmektedir.

Araştırmacı: “Işık kaynağının üzerindeki aralık azaldıkça aydınlık leke küçülür, en sonunda aydınlık yerlerin yanında karanlık yerlerde oluşmuş” demişsiniz. Bunu nasıl açıklarsınız?

K3: Önce ışık kaynağı belli bir değerde ölçülmüş leke oluşmuş sonra giderek küçültüldüğünde bu sefer daha küçük lekeler oluşmuş en sonunda da karanlık şeyler oluşmuş, lekeler birbirinden ayrılınca aralar boş kalmış, bu aydınlık lekelerin yanında karanlık bölgeler oluşmuş.

Araştırmacı: Peki ikinci soru için ne düşünüyorsunuz? Bu kez iki yarık kullanıyorsun bunun farkı ne olabilir? Demişsiniz ki; “ışık ışınlarının girişiminde tepe - tepe aydınlık çizgiler çukur - çukur da karanlıkları oluşturur”.

K3: İlkinde tek yarık vardı ikincisinde iki yarık var bu sefer daha aralıklı karanlık ve aydınlık çizgiler oluşur

Araştırmacı: Burada ışığın ayrılmasından mı bahsediyorsunuz? Yani az önce dediğiniz gibi lekeler küçülüyor ve ışık ayrılıyor belli bölgeler boş kalıyor.

K3: İkincisinde çift yarık olduğu için birincisinden farklı olarak ikincisinde daha net aydınlık ve karanlık saçaklar oluşmuş.

Araştırmacı: Peki bu tepe – tepe, çukur – çukur ne demek?

K3: Tepe – tepe olunca aydınlık çizgiler oluşur, çukur – çukur olunca karanlık çizgiler oluşur.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçakların perde üzerinde sıralanmalarındaki neden nedir?

K3: Tek kaynaktan olandan iki kez oluyordur herhalde, ayrılma oluyor aralar boş kalıyor.

K3 öğrencisinin ilk iki soruya verdiği yanıt bütünlük arz ettiği için bir arada verilmiştir. Öğrenci yarık küçüldükçe, ışığın seyrekleşeceğini düşünmektedir. Ona göre; ışık ışınlarının arasında boşluklar vardır, yarık küçüldükçe bu ışınlar arası boşluklar kendini karanlıklar olarak göstermektedir. Bu öğrenci ön testte kısmi yanıt vermiş olmasına rağmen kabul edilebilir kavramsal anlamaya sahip değildir

Sorunun analiz tablosuna bakıldığında ön testte kontrol grubu, deney grubuna göre önde gözükmektedir. Kontrol grubundaki öğrencilerin %30'u bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermelerine rağmen, çift yarıktaki girişim konusuna ait bilimsel olarak kabul edilebilen bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görüşmelerden anlaşılmaktadır.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %10'u, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u ışığın dalga modelini fikrini içeren ancak bilimsel olarak kabul edemeyen yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır.

Ön testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin %15'i olayları geometrik optik ile açıklamayan yanıtlar kategorisine uygun yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

D3: Işık aralığa geldiği zaman bu köşe noktalarda kırılmaya uğrar. Buradaki hava içinden geçerken bir kırılmaya uğradığını düşündüm.

Araştırmacı: Her iki tarafta hava değil mi? Nasıl kırılacak?

D3: Çok dar bir aralık olduğu için, kırılabileceğini düşündüm. O şekilde hatırlıyorum.

Araştırmacı: “homojen olarak dağılmama” derken neyi kastediyoruz acaba?

D3: Bir yerin aydınlık, bir yerin karanlık olması, yani her yerin karanlık ya da her yerin aydınlık olmaması. Bu dağılım heterojen bir dağılımdır diyorsun.

Araştırmacı: Peki biz aydınlık – karanlık saçakların oluşumunu nasıl açıklıyoruz?

D3: Ben onu şöyle kurdum aklımda, sonuçta ışık, ışınlardan oluşuyor. Aralıktan geçiyorlar ve kırılmaya uğruyorlar. Üst üste çakıştıkları noktalar aydınlık oluyor. Ayrılmalar gerçekleşiyor. Belli noktalar ışık almıyor. Ayrılan ışınlar bazı yerlerde buluşuyorlar, bazı yerlere ışık düşmüyor.

Araştırmacı: İkinci sorumuzda demişiz ki; “ışınlar iki farklı noktalardan kırılır, ışınların çakıştığı yerde karanlıklar oluşur”

D3: Aydınlıklar oluşur. Yanlış yazmışım.

Araştırmacı: Biraz daha açabilir miyiz?

D3: Bu üstteki şekil arasındaki farkı anlatmaya çalıştım. İki farklı noktadan kırıldıkları için, mesela burada (tek yarığı gösteriyor) ışınlar direk karşıya geliyor, çift yarıқта ise böyle bir şey yok. Kırılmaya başlayacak bu şekil oluşacak.

D3 öğrencisi ile yapılan ön görüşmedeki ilk soruya ait diyaloglar, ikinci soruya ait diyaloglar ile ortak noktalar taşıdığından birlikte aktarılmıştır. Daha önce ilk sorunun analizi kısmında belirtildiğini gibi öğrenci defterlerinde tek yarıқта girişim “ışığın yarığın uçlarında bükülmesi” olarak açıklanmaktadır. D3 öğrencisi bu ifadeyi yanlış olarak “ışığın yarıktaki havada kırılması” şeklinde hatırlamaktadır. Kırılan ışınların belli yerlerde odaklanarak aydınlıkları oluşturacağını, bu bölgeler dışındakilerin ise karanlık olacağını belirtmektedir.

Araştırmacı: Yarık alanı küçüldükçe aydınlık bölgenin alanı daralır. Orta kısmı net olarak ışık kaynağı ile temas ettiği için bu bölge aydınlıktır yani ışık odaklanmıştır” demişsiniz. Bu ışığın odaklanma düşüncesini açıklayabilir misiniz?

K4: Odaklanmıştır yani oraya dik olarak ışınlar gelmiştir yani direk temas halinde olduğu için burası daha aydınlık olur diye düşündüm.

Araştırmacı: Neden “odaklanma” diye bir ifade kullandınız?

K4: Yani karşıtı direk gördüğü için o bölgeye daha fazla ışık düşmüştür. Aydınlık gözükmüştür.

Araştırmacı: Ancak yalnızca aralığın karşısındaki noktada değil, başka birçok noktada aydınlık saçaklar var. Bu konuda ne düşünüyorsunuz?

K4: Bilemiyorum.

Araştırmacı: Peki aydınlık – karanlık bölgelerin oluşması ile ilgili fikriniz nedir?

K4: Aydınlik – karanlık bölgelerde ışık dalga olduğu için oluşuyor herhalde ondandır.

Araştırmacı: Işık dalga mıdır? Nasıl anlarız ışığın dalga olduğunu?

K4: Yani bilemiyorum.

Araştırmacı: Bu aydınlık ve karanlıklar nasıl oluşuyor?

K4: Oluşuyordur herhalde bir şekilde.

Araştırmacı: İkinci soruya baktığımda, gelen ışıklar odaklanarak kırılmıştır” demişsiniz. Bunu biraz açıklayabilir misiniz?

K4: Yani öyle olmuş. İlk sorudaki gibi.

K4 öğrencisi ön testte ikinci soruya geometrik optik bilgilerini kullanarak yanıt vermiştir. Kendisi ile gerçekleştirilen görüşmede yazmış olduğu yanıtı açıklaması istenince, K4 öğrencisi odaklanma fikri ile merkezi aydınlık saçığı açıklamaya çalışmıştır. Araştırmacı diğer aydınlık saçakların nasıl açıklanacağını sormuş ancak K4 öğrencisinden bir yanıt alınamamıştır. Görüşmenin bir bölümünde K4 öğrencisi aydınlık – karanlık saçakları açıklamaya çalışırken “ışık dalga olduğu için oluşuyor herhalde” gibi bir ifade kullanmıştır. K4 öğrencisi araştırmacının bu konu ile ilgili sorularını yanıtsız bırakmıştır. K4 öğrencisi muhtemelen, ön teste katılan öğrencilerin test sonrasında aralarında geçen diyaloglara kulak misafiri olmuştur. Işığın dalga modeli ile ilgili bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek bir kavramsal anlamaya sahip değildir.

Ön testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5’i, yine kontrol grubu öğrencilerinin %5’i soruya “ışığın bazı bölgelere ulaşmaması” gibi ifadeler içeren sezgisel yanıtlar vermişlerdir.

Genel olarak bakılırsa ön testte, deney grubunun yaklaşık %19'u, kontrol grubunun ise %50'si bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Her iki grubun %5'i (birek kişi) kodlanamaz yanıtlar vermiştir. Deney grubundaki öğrencilerin yaklaşık %70'i, kontrol grubunun ise %15'i soruyu yanıtsız bırakmıştır.

5.2.2.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Son teste bakıldığında deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %38'i, kontrol grubu öğrencilerinin %15'i soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenciler ile yapılan öğretim sonrası görüşmelere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk testte “Işık iki farklı noktadan kırılır, ışınların çakıştığı noktalarda karanlıklar oluşur” demişsiniz. İkinci teste baktığımızda, “çift yarıktaki girişim deseni” diyorsunuz. “Işık saçaklardan geçerken dalga hareketi yapar, birbirini söniimler ya da güçlendirir bir girişim deseni ortaya çıkar. Bu nedenle şekildeki gibi görüntü oluşur” diye eklemiştir. Açabilir miyiz biraz?

D3: Burada bir noktanın da bir saçakın içindeki farklı noktanın da aynı hareketi yaparken, burada da aslında öyle yapmasına rağmen ama iki farklı olduğu için biz daha rahat o girişim desenini canlandırabiliyoruz. Yani iki farklı ışık kaynağı olarak iki farklı dalganın birbirinin içine geçerek bir desen oluşturabiliyoruz.

Araştırmacı: Aydınlik ve karanlık saçakları neden gözliyoruz?

D3: Tepeleri veya çukurları çakışıyor ona göre şekilde gösterilen şekil oluşuyor. Dalgaların birbirini güçlendirdiği yerler aydınlık, söniylediği yerler karanlık oluşuyor.

Araştırmacı: Perde üzerinde hangi noktanın aydınlık hangi noktanın karanlık olacağını nasıl buluyoruz?

D3: Yine yol farkı burada. Aldığımız bir noktanın saçaklara olan uzaklığının arasındaki fark.

Araştırmacı: Aydınlik – karanlık saçaklar neden perde üzerinde bu şekilde diziliyorlar.

D3: *Yol farkı değişiyor ondan. Mesela perde üzerinde bir noktanın gittikçe yol farkı değişiyor. Dalga boyunun farklı katlarına eşit oluyor. Buçuklu katlarına ve tam katlarına eşit oluyor.*

Araştırmacı: *“gittikçe yol farkı değişiyor” derken neyi kastettiniz?*

D3: *“gittikçe” derken perde üzerinde ilerledikçe. Yani önce tam karşıdaki nokta için düşünürsek merkezdeki aydınlık saçak için, ondan yukarı ya da aşağı doğru gittikçe demek istedim. Nokta değişiyor yani.*

D3 öğrencisi çift yarık desenini girişimle açıklamıştır. Perde üzerindeki aydınlıkların yapıcı girişim ile, karanlıkların ise bozucu girişim ile oluşacağını belirtmiştir. Perde üzerinde aydınlık mı karanlık mı oluşacağını bilmesi için yol farkına ihtiyaç duyulduğunu vurgulamış, yol farkını da başarı ile açıklamıştır. Ayrıca aydınlık – karanlık saçakların perde üzerinde dizilmelerinin nedeni olarak yol farkının değişmesini göstermiştir. D3 öğrencisi kavramsal anlama testinde olduğu gibi kendisi ile yapılan öğretim sonrası görüşmelerde de bilimsel olarak tam doğru düşünmektedir.

Araştırmacı: *“Bu olayı su dalgalarındaki girişim deseni ile açıklarız. Işıkların tepe - tepe ya da çukur – çukur olduğu bölgelerde aydınlık saçaklar; tepe – çukur noktalarında ise karanlık saçaklar görürüz. Bu olayı neden su dalgalarına benzettiniz?*

D4: *Işığın yine şu tepe – tepe, çukur – çukur dediğimiz yani ışık ışınlarının birbirini desteklediği yerlerde yine su dalgalarında olduğu gibi orada da su dalgalarında mesela bir dalga katarı iki dalga tepesinin bir araya gelmesiyle oluşuyordu. Böyle ışık ışınlarının birbirini desteklediği yerlerde iki tepesinin bir araya gelmiş şekilde. Işığı su dalgalarına benzettim. Dalga katarı gibi, çift yarıktaki aydınlıklar var.*

Araştırmacı: *Perde üzerinde bir nokta alalım. Bu nokta da aydınlık mı yoksa karanlık mı oluşacağına nasıl karar veriyoruz?*

D4: *Dalga boyunun tam sayı katı çıkarsa aydınlık oluyor. $\lambda/2$ nin tek katları olunca karanlık oluyor.*

Araştırmacı: *Anlayamadım. Dediniz ki; “dalga boyunun tam katı çıkarsa aydınlık oluyor”. Dalga boyunun tam katı çıkan şey nedir?*

D4: Yol farkı. Bir P noktası olsun. K_1 ' e birleştiriyoruz bir de K_2 ' ye (öğrenci yarıklardan bahsediyor) birleştiriyoruz. Farkını alıyoruz.

Araştırmacı: Perde üzerinde aydınlık – karanlık saçakların dizilmelerini nasıl açıklıyoruz?

D4: Yol farkının değişimiyle açıklarız. Değişik noktalarda yol farkı alırsak, hep farklı çıkar. O yüzden değişik noktalar için mesela aydınlık oluşuyorsa, bazı noktalarda karanlık oluşur.

D4 öğrencisi çift yarık desenini girişimle açıklamıştır. Işığın su dalgalarına benzetilerek bu sorunun açıklanabileceğini vurgulamıştır. Perde üzerindeki aydınlıkların yapıcı girişim ile karanlıkların ise bozucu girişim ile oluşacağını belirtmiştir. Perde üzerinde aydınlık mı karanlık mı oluşacağını bilmesi için yol farkına ihtiyaç duyulduğunu vurgulamış, yol farkını da başarı ile açıklamıştır. Ayrıca aydınlık – karanlık saçakların perde üzerinde dizilmelerinin nedeni olarak yol farkının değişmesini göstermiştir. D4 öğrencisi kavramsal anlama testinde olduğu gibi kendisi ile yapılan öğretim sonrası görüşmelerde de bilimsel olarak tam doğru düşünmektedir.

Araştırmacı: İkinci testte “ yarık sayısı ikiye çıktığında çift yarıktaki girişim olur. Tepe ile diğer kaynaktan çıkan çukur karşılaşır. Bu durumda perde üzerinde aydınlık – karanlık saçaklar oluşur. Girişim deseni çift yarıktaki girişimdir” şeklinde yanıtlamışsınız. Demiştiniz ki; “tepe ile diğer kaynaktan çıkan çukur karşılaşır” öncelikle nedir bu tepe çukur?

D5: Işığı dalgaya benzetmiştik. Onunda tepe ve çukurları vardı.

Araştırmacı: “Karanlık ve aydınlık saçakların oluşması için tepe ile diğer kaynağın çukuru karşılaşır” demiştiniz. Bu durumu biraz daha açık anlatabilir misiniz?

D5: Ben orada eksik yazmışım. Tepe ile çukur karşılaşırsa karanlık olur ancak, tepe – tepe karşılaşırsa aydınlık olur. Birde çukur – çukur karşılaşırsa.

Araştırmacı: Genel olarak bu olayı bana anlatabilir misiniz bir kez daha?

D5: Burada ışığın dalga modeli vardır. Yarıklardan çıkan ışınların tepeleri ya da çukurları karşılaşırsa aydınlık olur. Tepe ve çukurları karşılaşırsa karanlık olur. Bu olay ışık ışınlarının üst üste gelmesi hatta siz “overlap” demiştiniz. Bu olay çift yarıktaki girişim olayıdır.

Araştırmacı: Burada bazı değişiklikler yapmıştık. Örneğin yarıklar düzlemini çevirmiştik.

D5: Evet. Saçak aralığı değişir

Araştırmacı: Nasıl değişir?

D5: d uzaklığı (öğrenci yarıklar arasındaki uzaklığı kastediyor) küçülürse, saçak aralığı artar.

Araştırmacı: Saçak aralığı nedir?

D5: Aydınlık saçaklar arasındaki uzaklık. İstersek karanlık iki saçak arasındaki uzaklığı da alabiliriz.

Araştırmacı: Az önce “d azalırsa saçak aralığı artar” demiştiniz. Buna nasıl karar verdiniz? d ye bağlı bir ifade mi var aklınızda?

D5: $\frac{L\lambda}{d}$ ifadesi saçak aralığını verir.

Araştırmacı: Nasıl ulaşmıştık bu ifadeye?

D5: Nasıl ulaşmıştık... Çok yi hatırlayamadım ama birinci karanlık ile ikinci karanlık arasındaki uzaklığı falan bulmuştuk. Ama...

Araştırmacı: Yarıklar ile perde arasına saydam ortam koymuştuk. Burada ne oluyordu.

D5: Burada ışığın dalga boyunun değişiyordu. Buda saçak aralığını değiştiriyordu.

Araştırmacı: Saçak aralığı nasıl değişiyordu?

D5: Saçak aralığı nasıl değişiyordu. Bir dakika. L, λ , d, n... Azalıyordu. Dalga boyu azaldığı için.

Araştırmacı: Işık kaynaklarından birinin önüne küçük bir cam levha konulmuştu. Ne hatırlıyorsunuz bununla ilgili?

D5: Burada faz farkı oluşuyordu. Kaynaklardan biri gecikiyordu. O yüzden girişim deseninde bir kayma gerçekleşiyordu.

Araştırmacı: Hangi kaynak gecikir D5?

D5: Önüne cam levha konan kaynak gecikir, çünkü dalga boyu ve hız azalır orada. Yavaşlar yani.

Araştırmacı: Işık kaynağının hareketi nasıl bir şekilde etkiler bu deneyi sizce?

D5: Işık kaynağı aşağı yukarı hareket ederse faz farkı oluşur. Diğer türlü bir şey olmaz.

Araştırmacı: Konu ile ilgili bir durum daha vardı. Bunu çok net hatırlayacağınızdan eminim. Çift yarıktaki aydınlık saçakların parlaklıkları yaklaşık aynı idi, gittikçe hafif bir azalma oluyordu. Ancak tek yarıktaki aydınlık saçakların parlaklıkları bariz bir şekilde azalıyor. Bunun sebebi hakkında bir fikriniz var mı?

D5: Bu tek yarıktaki girişimi açıklarken kullandığımız şeyden kaynaklanıyor. Yarığın her noktasını kaynak olarak düşünüyorduk. Ortadaki aydınlık için örneğin tüm kaynaklar aydınlatıyor. Ancak ortadaki aydınlıktan uzaklaştıkça, aydınlatan kaynaklar azalıyor. O yüzden gittikçe parlaklık azalıyor. Yarığın gittikçe daha az kısmı perdeyi aydınlatıyor.

D5 öğrencisi bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahiptir. Daha önceden belirtildiği gibi görüşme formunda sadece kavramsal anlama testi yanıtlarını inceleyen sorular değil bunun yanında öğrencinin konuya hakimiyetini inceleyen sorularda bulunmaktadır. D5 öğrencisinin konuya hakimiyeti yukarıda da görüldüğü gibi üst düzeydedir. Formüle ulaşma yollarını bile hatırlamaktadır. Aynı durum diğer tam doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinde de görülmektedir. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan kontrol grubu öğrencisi bulunmamaktadır.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %52'si, kontrol grubu öğrencilerinin ise %70'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk testte her hangi bir yanıtınız olmamıştı. İkinci teste baktığımızda “ışık kaynağından çıkan ışınlar engelden geçerek birer dalga gibi davranırlar ve bu iki aralıktan geçen farklı ışınlar perde üzerinde bir girişim deseni meydana getirir” şeklinde yanıt vermişsiniz. Bunu biraz daha açabilir misiniz?

D1: Aynı şekilde bu iki aralıktan geçen ışınlar girim yapıyorlar. Bazı noktalarda birbirlerini söndürüyor bazı noktalarda ise kuvvetlendiriyorlar. Perde üzerinde aydınlık – karanlık saçaklar oluşuyor. Bunu da yine yol farkı olarak buluyoruz. Yine dalga boyunun tam katı ise bu yol farkı aydınlık, $\lambda / 2$ 'nin tek katları ise karanlık oluyor. Bu şekilde.

Araştırmacı: Bir şey dikkatimi çekti. Az önceki soruda yani tek yarık söz konusu iken ve şimdi ki sorumuzda aynı bağıntıları kullandınız. İkisinde de dediniz ki; “ λ ’nın tam katı ise aydınlık, $\lambda/2$ ’nin tek katları ise karanlık olur”. Bir çelişki var sanki. Yoksa siz öğretimde her iki desen içinde aynı bağıntıları mı kullandınız?

D1: Tabii ki kullanmadık. Çünkü ben yanlış yapmışım orada. Tek yarıktaki farklı oluyordu bir dakika bulacağım. Tek yarıktaki $\lambda/2$ ’nin tek katlarında aydınlık olur, λ ’nin tam katlarında karanlık olur, çift yarıktaki girişimde bunun tam tersi olur.

Araştırmacı: Yani?

D1: λ ’nin tam sayı katlarında aydınlık, $\lambda/2$ ’nin tek sayı katlarında karanlık oluşur.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçaklar neden perde üzerinde diziliyorlar?

D1: Yol farkı değişmesinden dolayı diziliyorlar. Nokta değiştiğinde yol farkı da değişiyor.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

D1: Perde üzerinde bir nokta alırsınız. Bunu şöyle (eliyle gösteriyor) kaynaklar ile bağlarız. Buradaki fark (üstteki kaynaktan alttaki doğruya bir dikme indirerek) yol farkıdır.

Araştırmacı: Örneğin yarıklar düzleminin döndürülmesi gibi işlemler var hatırlarsanız.

D1: Evet. Saçak aralığı değişmişti.

Araştırmacı: Nasıl değişmişti?

D1: Saçak aralığı $\frac{L\lambda}{d}$ idi. Dolayısıyla burada d yerine $d \cos \alpha$ alıyorduk. Dolayısıyla artar.

Araştırmacı: Saçak aralığı nedir?

D1: Saçak aralığı genişlik. Mesela iki aydınlık saçak olduğunu düşünelim bunların ortalarındaki uzaklık. Ortalarındaki derken yani orta noktaları arasındaki uzaklık.

Araştırmacı: Bağıntıya nasıl ulaştık?

D1: Bağıntıya sanırım önce birinci aydınlığın ortadaki aydınlığa olan uzaklığını bulmuştuk. Sonra ikinciyi bulup farklarını alınca bu ifade çıkıyordu. (Şekil üzerinde eliyle gösteriyor).

Araştırmacı: Ortamı değiştirmiştik. Araya saydam bir ortam doldurulursa?

D1: O zamanda hız azalıyordu. Hız azalıyordu. Frekans değişmez. Dalga boyu...(yazma ihtiyacı duydu, kalemi alarak $V=f\lambda$ yi kullanarak dalga boyunun azalacağını buldu). Dalga boyu azalırsa $\frac{L\lambda}{d}$ den saçak aralığı azalır. Evet. Saçak aralığı azalıyordu.

Araştırmacı: Yarıklardan birinin önüne ince bir cam levha koymuştuk. Bununla ilgili hatırladığınız bir şey var mı?

D1: Faz farkı oluşturuyordu yanılmıyorsam. Az önce söylediğim gibi camda yavaşlayacağı için ışınlar kaynaklardan biri gecikmeye uğrar. Dolayısıyla girişim deseninde bir kayma gerçekleşir. Ortadaki aydınlık geciken kaynak tarafında doğru kayar. Yani desen değişir.

Araştırmacı: Tek yarıktan bir de çift yarıktan ışık kaynağına bakmıştık. Parlaklıklar bakımından bir farklılık vardı.

D1: Evet hatırlıyorum burada D3'ün bir yanıtı olmuştu(Öğrenci-öğrenci etkileşimi). Yarık içinde birçok kaynak düşünmüştük. Gittikçe yani perdenin kenarlarına doğru gidildikçe yarığın her defasında daha az kısmı perdeyi aydınlatıyordu. Yarığı bölgelere ayırmıştık onları teker teker incelemiştik. Bu şekilde bölge bölge gidildiğinde her aydınlık için yarığın daha az bir oranda kısmı perdeyi aydınlatıyordu. Gittikçe daha az parlak saçaklar elde ediliyor. Bir de zaten tabii ki uzaklık var. Bu durumu etkiliyor. Uzaklık arttıkça aydınlanma azalıyor.

D1 öğrencisi son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiş olsa da düşünceleri bilimsel görüş ile bire bir uyum göstermektedir. İlk soru ile ilgili daha önce belirtilen hatasını ikinci soru ile ilgili görüşme bölümünde düzetmiştir. Bu düzeltmeyi kendinden emin bir şekilde yapmıştır. D3 öğrencisi çift yarıқта girişimi ve girişim desenini başarı ile açıklamıştır. Aydınlık – karanlık saçakların perde üzerindeki dizilimlerini açıklamıştır. Ayrıca yol farkı kavramı ile ilgili düşünceleri bilimsel olarak tam doğrudur. D1 öğrenci ile yapılan öğretim sonrası görüşme kendisinin çift yarıқта girişim ile ilgili fikirler bakımından bilimsel görüşü benimsediğini ortaya koymuştur.

Araştırmacı: İkinci soruya, ilk testte herhangi bir yanıtınız olmamıştı. İkinci teste baktığımız zaman “çift yarıқта girişim olayıdır” demişsiniz. “Aynı fazda kaynak elde

etmek için bir ışık kaynağından iki yarık aralığına ışık düşürülür ve perde üzerinde belirli bölgelerin aydınlık - karanlık olduğu görülür” diye eklemiştiniz. Yine bir girişim olayından bahsediyorsunuz.

D2: Evet girişim olayı var birde şöyle bir şey var mesela iki tane ayrı kaynağı koysaydık bunu elde edemezdik. Çünkü aynı fazda olmazlardı. Ama bir ışığı, iki yarığa düşürdüğümüz zaman aynı fazlı iki kaynaktan elde etmiş gibi oluyor. Kırmızı ve mavi filtreler kullanarak aynı fazla kaynaklar elde ettik.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçakların oluşmasının nedeni nedir?

D2: Yarıktan çıkan ışığın bazı noktalarda yani perde üzerindeki bazı noktalarda birini güçlendirmesi. Bazı noktalarda ise birini söndürmesi.

Araştırmacı: Neden aydınlık – karanlık saçaklar perde üzerinde diziliyorlar. Gayet muntazam bir şekilde.

D2: Mesela bir nokta alalım. Bir de başka bir nokta alalım. Bunların yol farklarının farklı çıkar. Biri diyelim λ çıkar, biri $\lambda/2$ çıkar. Dolayısıyla farklı noktalarda aydınlık ya da karanlık oluşur.

Araştırmacı: “Yol farkı” diye bir ifade kullandınız. Nedir bu?

D2: Az önceki noktalardan birini düşünelim mesela, (bir yandan eli ile şekil üzerinde gösteriyor) kaynaklara birleştirirsek, bu doğrular arasındaki fark yol farkı olur.

Araştırmacı: Tamam. Yol farkını bulduk diyelim. Ama aydınlık – karanlık saçakların dizilimi ile yol farkının ne ilgisi var. Bunu öğrenmek istiyorum.

D2: Yol farkını aldık... Bu fark eğer dalga boyunun tam katı çıkarsa demek ki aldığımız noktada aydınlık var demektir. Buçuklu dalga boyu çıkarsa karanlık vardır.

Araştırmacı: Buçuklu dalga boyu derken?

D2: Yani $\lambda/2$, $3\lambda/2$ gibi.

Araştırmacı: Çift yarıkla ilgili birkaç sorum daha olacak size. Yarıklar ile perde arasında sıvı doldurulması işlemi vardı. Hatırlıyor musunuz?

D2: Δx saçak aralığı değişiyordu. Hız ve dalga boyu azaldığı için saçak aralığı da azalıyordu.

Araştırmacı: Saçak aralığı diye bir ifade kullandınız. Nedir saçak aralığı?

D2: Ardışık iki aydınlık çizgi arasındaki uzaklık. Ya da iki karanlık çizgi arasındaki uzaklık da olabilir.

Araştırmacı: Saçak aralığını nasıl bulmuştuk?

D2: $L\lambda/d$ formülü ile bulmuştuk.

Araştırmacı: Peki o formüle nasıl ulaştık?

D2: Formüle ulaşırken orada şey almıştık. Birinci aydınlık saçakla merkez doğrusu arasında yani $x=1$ almıştık orada almamız gereken değeri. O değeri 1 aldığımız için de o zaman bir aralığı bulmuştuk. Δx değerini öyle bulmuştuk. Sonra formülde yerine koyunca da $L\lambda/d$ çıkmıştı.

Araştırmacı: Araya sıvı doldurma gibi başka işlemlerimiz vardı. Hatırladıklarınız var mı bunların arasından?

D2: Yarıkların döndürülmesi vardı mesela. O zaman da o d uzaklığını küçültmüş oluyorduk yarıklar düzlemini döndürünce. Ona bağlı olarak da Δx 'in artması gerekiyordu.

Araştırmacı: Kaynakların önüne bir cam levha konulması olayı vardı o zaman ne oluyordu?

D2: Bir tanesinin önüne cam levha koyduğumuz zaman o kaynak gecikmeye uğruyordu. Bundan dolayı bir fark oluşuyordu. Faz farkı oluşuyordu. Bunun sonucunda da geciken kaynak tarafına doğru aydınlık bölge kayıyordu.

Araştırmacı: Tek ve çift yarık desenlerinde parlaklık bakımından farklılıklar oluşuyordu. Buna dair hatırladıklarınız var mı?

D2: Tek yarıқта parlaklıklar giderek azalıyordu. Yarığın her noktasını dalga yayıyormuş diye düşünüyorduk. Her defasında yarığın daha az bir bölümü aydınlatma yapıyordu. Tek yarıқта böyle bir farklılık oluyordu.

D2 öğrencisinin de aynı D1 öğrencisinde olduğu son testte, açıklama niteliği bakımından zayıf yanıt verdiği, aslından fikirlerinin bilimsel görüş ile bire bir uyum içinde olduğu, öğretim sonra yapılan görüşme ile ortaya çıkarılmıştır. D2 öğrencisi, çift yarıқта girişim desenini, saçakların perde üzerindeki dizilimlerini bilimsel olarak açıklamıştır. Ayrıca yol farkı kavramın ait fikirleri bilimsel olarak tam doğrudur. Çift yarıқта girişim konusuna ait alt başlıkları (yarıkların döndürülmesi, ortamın değiştirilmesi v.b) ve konuya ait bağıntıları hatırlamaktadır. Hatta bu bağıntıların türetilme yollarını açıklamıştır.

Son testte, bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan deney grubu öğrencileri ile yapılan son görüşmeler, bu öğrencilerin açıklama

niteliği bakımından zayıf yanıt verdiklerini, aslında fikirlerinin bilimsel olarak tam doğru olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Araştırmacı: İlk teste baktığımda “ışık ışınları tepe – tepe bir araya gelince aydınlık, çukur – çukur bir araya gelince karanlığı oluşturur” şeklinde yanıt vermişsiniz. İkinci teste bakıldığında “çift yarıқта girişim olayı sonucunda bu görüntü oluşur. Dalga boyunun tam katı olan yerler aydınlık, dalga boyunun tam katı olmayan yerler karanlıktır” demişsiniz. Bu yanıtı biraz daha açabilir miyiz?

K1: Öncelikle ilk testte çukur – çukura karanlık demiştim onunda aydınlık olduğunu öğrendim. Tepe ile çukur karanlık olur çukur ile çukur olmaz.

Araştırmacı: Bu tepe ve çukurlar?

K1: Yine söylediğim gibi bu ışığın dalgaya benzetilmesinden kaynaklanıyor aslında. Tepe ve çukurlar buradan geliyor.

Araştırmacı: Birde “dalga boyunun tam katı olan yerler aydınlık” demişsiniz. 1.soruda bu şekilde söylememiştiniz. Orada “dalga boyunun tam katları için karanlık olur” demiştiniz.

K1: Ama orada tek yarık var tek yarıқта değişiyor. Dediklerim doğru olmalı.

Araştırmacı: Nereden kaynaklanıyor bu fark?

K1: Öyleydi. Örneğin tek yarıқта $\frac{\lambda}{2}$ 'nin tek katlarında aydınlıklar olur, çift yarıқта ise λ 'nin tam sayı katlarında aydınlıklar olur.

Araştırmacı: Neden peki?

K1: ... Bilmiyorum.

Araştırmacı: Peki aydınlık – karanlık saçakların bu şekilde perde üzerinde dizilmelerini neye bağlıyorsunuz?

K1: ...

Araştırmacı: Az önce “dalga boyunun tam katı olan yerler aydınlık olur” demiştiniz. Burada anlayamadığım bir şey var. Nedir dalga boyunun tam katına eşit olan şey?

K1: ...

Araştırmacı: Peki bazı işlemler yapmıştık hani yarıklar düzleminin döndürülmesi gibi. Hatırlıyor musunuz?

K1: Evet galiba saçak aralığını değiştiriyordu.

Araştırmacı: Nasıl değiştireyordun. $L\lambda/d$ idi, burada d çevirince d nin kosinüsü oluyordu o yüzden artıyordu.

Araştırmacı.: Başka bir değişikliği sebep olabilir mi?

K1: başka bir değişiklik hatırlamıyorum.

Araştırmacı: Saçak aralığı nedir?

K1: Mesela perdede iki aydınlık olsun bunların orta noktaları arasındaki uzaklık, ya da karanlıkta olabilir.

Araştırmacı: Az önce bir formülden bahsettiniz. Derste her halde böyle bir formüle ulaştınız. Nereden çıktı bu formül? Nasıl elde ettiniz bunu?

K1: Nereden elde ettik...Bu formülü hatırlıyorum sadece. Sürekli bunu kullandık. Nereden geldiğini hatırlamıyorum. Ama işte mesela 4.saçağın merkezi saçağa uzaklığını bulurken bu saçak aralığını Δx ' i kullanıyorduk.

Araştırmacı: Yarıklar düzlemi ile perde arasına saydam ortam konulması işlemi vardı. O durumu bize hatırlatabilir misiniz?

K1: Evet burada ışık hızı değişiyordu galiba. Bu da dalga boyunu değiştireyordu.

Araştırmacı: Başka bir değişiklik?

K1: ...dalga boyu değişirse saçak aralığı değişmeli... $L\lambda/d$ olduğuna göre artarsa artar, azalırsa azalır.

Araştırmacı: Bununla ilgili yapılan başka bir uygulama hatırlıyor musunuz?

K1: Evet yarıklardan birinin önüne cam koyulmuştu. Orada da faz farkı oluşuyordu. Yarıklardan birinden çıkan ışık camın içinde daha yavaş hareket ederdi. Dolayısıyla o kaynak diğerine göre geç kalır ve merkezdeki aydınlık kayardı. Geciken kaynak tarafına doğru.

Araştırmacı: Kaynağın hareket ettirilmesi söz konusu idi bunu hatırlıyor muyuz?

K1: Evet kaynağın aşağı yukarı hareketi de fa farkı oluşturuyordu. Sağa ve sola hareketi sadece parlaklığı değiştireyordu.

Araştırmacı: Tek ve çift yarıқта girişim desenlerinin parlaklık bakımından farklılıkları vardı. Bunun sebebini hatırlıyor musunuz?

K1: Deneylerde görmüştük evet. Hatta siz bunu açıklamıştınız da...Onu da hatırlıyorum. Ama sebep...

Araştırmacı: Sebep yok mu?

K1: Maalesef.

K1 öğrencisi olayın çift yarıktaki girişim olduğunu, aydınlıkların yapıcı girişim ile, karanlıkların ise bozucu girişim ile oluşacağını doğru bir şekilde belirtmiştir. “Çift yarıktaki λ ’nın tam katlarında aydınlık, $\lambda/2$ ’nin tek katlarında karanlık olur” şeklinde bir ifade kullanmıştır. Kendisine hangi niceliğin λ ’nın tam katına ya da $\lambda/2$ ’nin tek katlarına eşit olacağı sorulunca, zihninde bir karmaşa yaşamış ve yanıt verememiştir. Öğrenci bu soruya ilginç bir şekilde “yol farkı” diyememiştir. K1 öğrencisi sadece kendisine soru çözümünde yardımcı olacak noktaya odaklanmış gözükmektedir. Ayrıca kendisine aydınlık – karanlık saçakların neden perde üzerinde sıralandıkları sorulmuş, bu soruya da yanıt alınamamıştır. Oysa bu sorunun yanıtlanması, “Çift yarıktaki λ ’nın tam katlarında aydınlık, $\lambda/2$ ’nin tek katlarında karanlık olur” şeklinde bir ifade kullanabilen bir öğrenciden beklenen bir durumdur. Bu sonuç K1’in yol farkı kavramına ait doğru bir kavramsal anlamayı gerçekleştirmediğini göstermektedir. Bunun yanında K1’in konunun alt başlıklarına olan hakimiyeti iyi düzeydedir. Ancak çift ve tek yarıktaki girişim desenlerinin parlaklıkları arasındaki farklılıkları açıklayamamıştır.

Araştırmacı: İlk testte tepe – tepe, çukur – çukur aydınlık, tepe – çukur karanlık şeklinde bir yanıtınız olmuştu. İkinci teste baktığımızda, “ışık kaynağının geçtiği fant üzerindeki delikten çıkan ışıklar birbiri üzerinde tepe – tepe, çukur – çukur geldiğinde aydınlık; çukur – tepe geldiğinde karanlık gözükürler. Perde üzerinde iki deliğin belli bir noktaya yol farkı farklı olduğunda bu tepeler ve çukurlar oluşur” demişsiniz.

K2: Burada yol farkı da var ben ondan bahsetmemişim. Burada ışık kaynaklarının mesela perde üzerindeki bir P noktasından bu uzaklığı ile şu uzaklığı arasında bir yol farkı oluşuyor. Bu yol farkından dolayı bu girişim desenleri oluşuyor. Tepeler – çukurlar oluşuyor. Yani yol farkı sayesinde oluşuyor bu yol farkının miktarı birinde 1’dir; birinde 1/2’dir mesela bu yol farkından dolayı girişim desenleri oluşuyor.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

K2: Önceki soruda dediğim gibi, bir P noktasının kaynaklara birleştirilmesi sonucunda arada oluşan fark.

Araştırmacı: Anlayamadım. Şimdi P noktası aldınız...

K2: Kaynaklara birleştirip ikisi arasındaki uzunluk farkını alırsınız.

Araştırmacı: Yol farkı birinde 1, birinde 1/2 diyorsunuz. Bununla neyi kastediyorsunuz?

K2: Yol farkı mesela dalga boyunun bir kat çıkınca aydınlık olur. Birinci aydınlık olur. Ama yol farkı $\lambda / 2$ çıkarsa, buçuklu buçuklu çıkarsa karanlık olur.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçakların perde üzerinde dizilmelerinin nedeni nedir?

K2: Yol farkında değişiklik olmasıdır her halde. Yol farkı değişince bazen aydınlık olur, bazen de karanlık olur.

Araştırmacı: Yarıklar düzlemiyle perde arasına bir sıvı doldurulması gibi işlemler vardı hatırlarsanız.

K2: Sıvı doldurduğumuz zaman kırıcılık indisini artırıyorduk, kırıcılık indisi arttığı için payda değerimiz bizim büyüyordu. Bunun için Δx küçülüyordu. Yarıklar düzleminde yarığın önüne bir levha koymuştuk. O zaman bir tanesi daha gecikecekti fakat biz onu merkezi aydınlık saçığın gecikene doğru kayacaktı o zaman. Yani bir tanesi gelecek K_1 ile K_2 kaynağı olsun araya cam konulacak mesela biri gecikeceği ve daha geç geleceği için K_1 'e doğru kayacaktı merkezi aydınlık saçak ve saçak genişliği değişmeyecekti.

Araştırmacı: Kaynağın hareketi söz konusuydu. Bunun hakkında bir şey hatırlıyor musunuz?

K2: Kaynak ileriye gittikçe yine Δx 'in yeri değişmez ama sadece mesela ışık şiddetinden dolayı parlaklıklar azalır. Ama eğer yukarı aşağı hareket ettirsek yine gecikene doğru kayar merkezi aydınlık saçak.

Araştırmacı: Δx diye bir ifade kullanıyorsunuz. Nedir bu Δx ?

K2: Saçak genişliği. Yani ardışık iki aydınlık çizgi arasındaki uzaklık.

Araştırmacı: Çift ve tek yarık desenleri arasında parlaklık bakımında farklılık vardı. Bununla ilgili söyleyecekleriniz var mı?

K2: ...Onu hatırlayamadım

K2 öğrencisi, çift yarıktaki girişim desenini, aydınlık – karanlık saçakların perde üzerindeki dizilimlerini ve bunun yol farkının değişiminden kaynaklandığını açıklamıştır. Yol farkı kavramına ait düşünceleri bir önceki soruda olduğunu gibi bilimsel görüş ile uyum içindedir. Çift yarıktaki girişim konusuna ait alt başlıkları da hatırlamaktadır. Ancak K2 öğrencisi çift ve tek yarıktaki girişim desenlerinin

parlaklıklar bakımında farklılık göstermesi olayını hatırlamadığını belirtmiştir. Önceki sorunun analizlerine dönülürse, K2 öğrencisinin Huygens Prensibini benimsemediği görülecektir. K2 önceki soruda tek yarıқта girişimi “ışığın yarığın uçlarında bükülmesi” şeklinde açıklamıştır. Huygens prensibini benimsemediğinden dolayı, ikinci soru ile ilgili yapılan öğretim sonrası görüşmede çift ve tek yarıқта girişim desenleri arasındaki parlaklık bakımından oluşan farklılıkları açıklayamamıştır. Bilimsel olarak desenler arasındaki farklılığın açıklanabilmesi için Huygens Prensibindeki bilgilerin kullanılması gerekmektedir.

Araştırmacı: İlk testte “ışık ışınlarının girişiminde tepe – tepe aydınlık çizgileri çukur – çukur da karanlık çizgileri oluşturur. İkinci teste baktığımızda, “çift yarıқта girişim olayı sonucunda dalga boyunun tam katı olan bölgelerde aydınlık, dalga boyunun tam katı olmayan bölgelerde karanlık çizgiler görülmüştür” demişsiniz. Burada girişim olayı nasıl oluşuyor?

K3: İki yarık kullandığımızda fark şey faz farkı oluşuyordu galiba. Yine yol farkını esas alarak.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

K3: Burada yol farkı yine bir nokta seçiyoruz perde üzerinde bu noktanın yine kaynağa olan uzaklığı ama çift yarık var bu kez.

Araştırmacı: Hangi kaynağa olan uzaklığı?

K3: Hangisine, ya şu yarıkların arasından kaynağa ulaştırılınca mı oluyordu yani öyle bir şeydi herhalde. Perde üzerinde yine ışık kaynağına gidiyorduk.

Araştırmacı: İki kaynağımız var hangisine gideceğiz?

K3: Hangisi denk gelirse oradan geçer.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık bölgelerin oluşmasının sebebi nedir?

K3: Girişim desenindeki gibi yine birbirini ya söniyor ya da destekliyor. Yine aydınlık – karanlık saçaklar oluşuyor.

Araştırmacı: “Dalga boyunun tam katı olan bölgeler” derken neyi kastediyorsunuz?

K3: Işık kaynağından çıkan ışık ışınlarının dalga boyunun tam katı olan bölgelerde oraya denk gelen yerlerde, perde üzerindeki yerlerde aydınlık saçaklar oluşuyor.

Araştırmacı: Ne dalga boyunun tam katı olacak. Hani “dalga boyunun tam katı olan bölgelerde aydınlık” diyorsunuz ya neresi o dalga boyunun tam katı olan bölgeler?

K3: Ya yol farkına bakmamız lazım. Yol farkından ayarlayacağız yine.

Araştırmacı: Yol farkı neresi?

K3: Yol farkı perde üzerinden ışık kaynağına olan uzaklık.

Araştırmacı: Hem çift yarıktan hem de tek yarıktan “dalga boyunun tam katı aydınlık, tam katı olmayan bölgeler karanlık” dediniz. Burada bir çelişki mi var yoksa iki desen için de aynı bağıntıları mı kullanıyoruz?

K3: Evet var ben karıştırdım galiba biraz orada. İkisinde aynı değil yani aynı olmamalı birbirinin tam tersiydi ikisinde. Çift yarıktan olduğu için burada tek yarıktan yarıktan arasında birden fazla ışık kaynağı varmış gibi davranıyorlardı çift yarıktan da iki tane yarıktan geliyordu ışık kaynağından çıkan ışınlar. Burada tek yarıktan karanlık bölgeler λ ’nın tam katı oluyordu çift yarıktan ise aydınlık bölgeler λ ’nın tam katı oluyordu.

Araştırmacı: Yarıklar düzlemi ile perde arasına saydam ortam konulması gibi işlemler vardı. Bunlara dair hatırladıklarınız?

K3: Orada hızı azaltıyordu ışığın. Bu kadar.

Araştırmacı: Yarıklar düzleminin döndürülmesi işlemi vardı.

K3: Paydaya cosinus geliyordu. $\cos \alpha$ bir açı geliyordu. O da Δx ’i büyütüyordu. Faz farkı oluşmuyordu.

Araştırmacı: Faz farkı nedir?

K3: Faz farkı ya çift yarıktan gibi düşünürsek birinin geç diğerinin erken gitmesi mesela aralarında bir zaman farkı vardı.

Araştırmacı: Δx diye bir ifade kullandınız. Nedir bu Δx ?

K3: Saçak genişliği. Merkezi aydınlık saçığa olan uzaklık.

Araştırmacı: Az önce “paydaya $\cos \alpha$ geliyor” geliyor gibi bir ifade kullandınız. Bir bağıntı kullanıyorsunuz galiba?

K3: $L \lambda / d$

Araştırmacı: Nasıl ulaştık bu bağıntıya?

K3: Hiç hatırlamıyorum.

Araştırmacı: Yarıklardan birinin önüne cam levha konulması işlemi vardı.

K3: İşte orada faz farkı oluyordu. Çünkü biri daha hızlı gidiyor biri kırılarak daha geç gidiyordu burada da faz farkı oluşuyordu.

Araştırmacı: Tek ve çift yarıktan desenlerinde parlaklık bakımından farklılıklar vardı. Bununla ilgili hatırladıklarınız nelerdir?

K3: Bunun sebebini anlatamayacağım. Biliyorum ama açıklayamıyorum. $\lambda/2$, $3\lambda/2$ gibi bir şeydi galiba onlar hep aydınlık yapıyordu. Ama tam hatırlayamadım.

K3 öğrencisi, yol farkı ile dalga boyu ilişkisinin perde üzerindeki aydınlık – karanlık saçakları belirleyeceğini belirtmiştir. Aydınlık – karanlık saçakların oluşumunu da bilimsel olarak açıklamıştır. Ancak yol farkı kavramına ait yanlışları ilk soruda olduğu gibi sürmektedir. K3 öğrencisi yol farkı kavramını perdedeki bir noktanın kaynağa olan uzaklığı şeklinde ifade etmektedir. Bu ve buna benzer yanlışlara özellikle kontrol grubu öğrencilerinde sıkça rastlanmıştır. Konunun alt başlıkları ile ilgili bilgileri iyi düzeydedir. Ancak saçak genişliği ile ilgili ifadenin türetilme yolunu hatırlayamamıştır. Bununla birlikte tek ve çift yarıқта girişim desenleri arasındaki parlaklık bakımından farklılıkları açıklayamamıştır.

Araştırmacı: İki yarıқта farklı kaynaklar gibi özellik gösterir. Tam ortada aydınlık oluşur çünkü yol farkı eşit olduğunda tepe – tepe ya da çukur gelir. Tepe çukur geldiği yerlerde karanlık bölge oluşur. Bu olaylar ışığın dalga özelliğine sahip olduğunu gösterir” demişsiniz. “Yol farkı eşit olduğunda tepe – tepe gelir” demişsiniz. Biraz daha açabilir misiniz bunu?

K4: Yol farkı eşit olunca tepe – tepe üst üste gelir. Yani ışık bir dalga olduğundan aydınlık – karanlık bölgeler oluşur.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

K4: Bir nokta alıp kaynaklara birleştirirsek, bu iki doğru arasındaki farktır.

Araştırmacı: “eşit olduğunda” demişsiniz. Bu fark ne ile eşit olacak ben bunu anlamıyorum.

K4: Bu iki doğru eşit olduğunda yol farkı eşit olur. Aydınlık oluşur.

Araştırmacı: Bu doğruların eşit olmadığı durumlar olamaz mı? Eşit olmadığı durumlarda ne olacak?

K4: Eşit olmadığı durumlarda karanlıklar oluşur.

Araştırmacı: Ancak az önce yol farkı dalga boyunun tam katı olduğunda aydınlık, yarım dalga boyunun tek katı olduğunda karanlık oluşur demiştiniz. Şimdi cevabınız biraz değişmiş olmadı mı?

K4: Yol farkı dalga boyunun tam katı olduğunda. Evet. Aydınlık oluşur.

Araştırmacı: Ama yol farkı eşit olduğunda aydınlık demiştiniz!

K4: Ben biraz karıştırdım. Şimdi. Yol farkı dalga boyunun tam katlarıysa aydınlık, yarım dalga boyunun tek katları ise karanlık. Bu doğru. Ama eşit demişim. Neden söylemiş olabilirim? Orada bir hata var gibi... Bilemiyorum.

Araştırmacı: Sonuç olarak cevabınızı biraz toparlayabilir misiniz?

K4: Dediğimin doğru olması lazım. Dalga boyunun tam sayı katları ise aydınlık, yarım dalga boyunun tek katları ise karanlık olur.

Araştırmacı: Bu konuda biz bazı şeyler yapmıştık. Örneğin yarıklar düzlemini döndürmüştük.

K4: Evet.

Araştırmacı: Ne olmuştu orada?

K4: Faz farkı oluşmuştu. Kaynaklardan biri gecikmişti. Perde üzerinde kayma meydana gelmişti.

Araştırmacı: Başka her hangi bir değişim olur mu?

K4: Hayır. Başka bir değişim hatırlamıyorum.

Araştırmacı: Kaynaklar ile perde arasına kırıcılık indisi sıvınınkinden büyük bir ortam koymuştuk ne olmuştu?

K4: Ortam koymuştuk...Hatırlıyorum ama aklıma gelmiyor.

Araştırmacı: Peki kaynaklardan birinin önüne küçük bir cam levha koymuştuk. Ne olmuştu orada?

K4: Faz farkı oluşmuştu. Camı koyunca kaynaklardan biri gecikir. Faz farkı oluşur.

Araştırmacı: Bir şeyden daha bahsetmiştik. Çift yarık kullandığımızda aydınlık saçakların parlaklığı aynı, tek yarık kullandığımızda ise aydınlık saçakların parlaklığı merkezi aydınlık saçaktan itibaren azalan biçimdeydi. Bunu hatırlıyor musunuz?

K4: Evet. Bakmıştık deliklerden.

Araştırmacı: Peki bu neden kaynaklanıyordu.

K4: Tek yarıқта birçok kaynak vardı. Çift yarıқта ise iki kaynak vardı. Bundan kaynaklanıyor olabilir.

Araştırmacı: Bu söylediğiniz bu olayı açıklıyor mu?

K4: Açıklamıyor. Ama ben hatırlamıyorum.

K4 öğrencisi kavramsal anlama testinde bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermesine karşılık, yol farkı konusunda bilimsel olarak kabul edilebilen bir

kavramsal anlamaya sahip değildir. “Noktayı kaynaklara birleştiren doğrular eşit olduğunda aydınlık olur, eşit olmadığına karanlık olur” demiştir. Öğrenciye yol farkı sorulduğunda, kaynakları noktaya birleştirip farkını almıştır. Ancak “bu farkın eşit çıkması” gibi bir fikre sahiptir. Öğrencinin bu konuda edindiği bilgileri zihin süzgecinden geçirmediği görülmektedir. K4 araştırmacının soruları ile bilgilerini ilk defa görüşmede gözden geçirmiş doğru sonucun bulmuş ama emin olmadığını söylemiştir. Bu bakımdan sınıf içi ve grup içi çalışmalar ile formüllere ulaşan deney grubu öğrencileri kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olmuşlardır. Deney grubunda yapılan öğretimde tüm formüllere öğrencilerin kendilerinin ulaşması sağlanmıştır. Bunu başaramasalar bile yaptıkları çalışmalar değerlendirilmiş, tıkanıklığın nerede olduğu araştırılmıştır. Öğrenciler yaptıkları çalışmaların doğrularını ve varsa sonuca gidemedikleri noktaların ne olduğunu görme ve değerlendirme fırsatı bulmuşlardır. Bu durumun deney grubunun üstünlüğünü sağlayan en önemli etken olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca K4 öğrencisi çift yarıқта girişim konusunun içerdiği “yarıklar düzleminin döndürülmesi, araya saydam ortam konulması” gibi noktalarda yanıt verememiştir. Ayrıca, tek yarıқта saçak parlaklıklarının merkezdeki aydınlıktan itibaren giderek azalmasını açıklayamamıştır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %90’ı, kontrol grubu öğrencilerinin ise %80’i bilimsel olarak kabul edilebilen yanıtlar vermişlerdir. Deney grubunun kısmen doğru yanıtlarda geri kalması, tam doğru yanıt sayısının fazla oluşundan kaynaklanmaktadır.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5’i, kontrol grubu öğrencilerinin %10’u ışığın dalga modeli fikrini içeren ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Deney grubundan bu kategorideki yanıtı veren tek öğrenci D10 dur. D10 “çift yarıқта girişim olmaktadır, ışık bir yarıktan aydınlık faz gelirse, diğerinden de aydınlık faz gelirse o bölüm aydınlık olmakta, fakat birinden aydınlık diğerinden karanlık faz gelirse o bölüm karanlık saçak olur” şeklinde bir yanıt vermiştir. Yapıcı ve bozucu girişime kendine özgü bir yorum getirmiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerden K8 ve K19 “kırınım, girişim” gibi yanıtlar

vermelerine karşılık açıklama yapmadıklarından dolayı yanıtları doğru kabul edilmemiştir.

Son testte olayları geometrik optikle açıklayan yanıtlar kategorisine uygun yanıt veren D19, sınıfın yaklaşık %5 ini oluşturmaktadır. D19 “*çift yarık olduğu için bazı yerlere ışık ulaşır, bazılarında ulaşmaz böylece aydınlık – karanlık oluşur*” şeklinde bir yanıt vermiştir. Bu sonuç bu öğrencinin konuya karşı ilgisiz kaldığını göstermektedir. Kavramsal anlama testindeki incelenen ilk soruya da D19 bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıt vermiştir. Bu da öğrencinin ilgisizliğini kanıtlamaktadır. Kontrol grubunda ise bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Sonuç olarak her iki gruptaki öğrencilerin %10’u bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerin %10’u kodlanamaz yanıt verirken deney grubunda bu kategoride yanıt veren olmamıştır. Son testte, soruyu yanıtsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

5.2.2.3 Tartışma

Öğretim öncesinde bilimsel olarak tam doğru fikirleri olan öğrenci bulunmamaktadır. Kontrol grubunun %30’u bilimsel olarak kısmen doğru yanıt verirken, deney grubunda kısmi yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencileri ile gerçekleştirilen görüşmeler, bu öğrencilerin çift yarıktaki girişim konusuna ait bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Öğrenciler aydınlık – karanlık saçakların oluşumu konusunda “tepe – tepe aydınlık olur” gibi ifadeler kullanmakta ancak olaya doğru bir açıklama getirememektedirler. Özellikle K1 ve K3 öğrencileri “tepe – tepe aydınlık, çukur – çukur karanlık olur” ifadesini kullanmışlardır. Bilimsel olarak çukur – çukur girişimi sonunda da aydınlık olmaktadır. Öğrencilerde görülen bu yanlış anlamının çukurun, tepenin tersi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Öğrenciler tepeyi aydınlıkla, çukuru ise karanlıkla bütünleştirerek bir anlama gerçekleştirmişlerdir.

Ayrıca K3 öğrencisi yarık küçüldükçe, ışığın seyrekleşeceğini düşünmektedir. Ona göre; ışık ışınlarının arasında boşluklar vardır, yarık küçüldükçe bu ışınlar arası boşluklar kendini karanlıklar olarak göstermektedir.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %10'u, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u ışığın dalga modelini fikrini içeren ancak bilimsel olarak kabul edemeyen yanıtlar vermişlerdir. Ön testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin %15' i olayları geometrik optik ile açıklamayan yanıtlar kategorisine uygun yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerden D3 ile görüşme yapılmıştır. Daha önce ilk sorunun analizi kısmında belirtildiği gibi öğrenci defterlerinde tek yarıktaki girişim "ışığın yarığın uçlarında bükülmesi" olarak açıklanmaktadır. D3 öğrencisi bu ifadeyi yanlış olarak "ışığın yarıktaki havada kırılması" şeklinde hatırlamaktadır. Kırılan ışınların belli yerlerde odaklanarak aydınlıkları oluşturacağını, bu bölgeler dışındakilerin ise karanlık olacağını belirtmektedir. Aynı kategoride yanıt veren K4 öğrencisi de odaklanma fikri ile merkezi aydınlık saçığı açıklamaya çalışmıştır. Araştırmacının diğer aydınlık – karanlıkların nasıl oluştuğu konusundaki soruları yanıtızsız bırakmıştır.

Son teste, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %38'i, kontrol grubu öğrencilerinin %15'i soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren deney grubu öğrencileri ile gerçekleştirilen görüşmeler, bu öğrencilerin bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamayı gerçekleştiklerini ortaya koymuştur. Bu öğrenciler, aydınlık – karanlık saçıkların oluşumunu, bu saçıkların perde üzerinde dizilişlerini başarı ile açıklamışlardır. Ayrıca yol farkına ait anlamaları bilimsel olarak tam doğrudur.

Son teste deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %52'si, kontrol grubu öğrencilerinin ise %70'i bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermişlerdir. Son testte, bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan deney grubu öğrencileri ile yapılan son görüşmeler, bu öğrencilerin açıklama niteliği bakımından zayıf yanıt verdiklerini, aslında fikirlerinin bilimsel olarak tam doğru olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ancak aynı durum kontrol grubu öğrencilerinde gözlenmemiştir. Örneğin kendisi ile görüşme yapılan K1 öğrencisi "*λ'nın tam*

katlarında aydınlık, $\lambda/2$ 'nin tek katlarında karanlık olur” şeklinde bir ifade kullanmıştır. Kendisine hangi niceliğin λ 'nın tam katına ya da $\lambda/2$ 'nin tek katlarına eşit olacağı sorulunca, zihninde bir karmaşa yaşamış ve yanıt verememiştir. Öğrenci bu soruya ilginç bir şekilde “yol farkı” diyememiştir. K1 öğrencisi sadece kendisine soru çözümünde yardımcı olacak noktaya odaklanmış gözükmektedir. Ayrıca kendisine aydınlık – karanlık saçakların neden perde üzerinde sıralandıkları sorulmuş, bu soruya da yanıt alınamamıştır. Oysa bu sorunun yanıtlanması, “*Çift yarıktaki λ 'nın tam katlarında aydınlık, $\lambda/2$ 'nin tek katlarında karanlık olur*” şeklinde bir ifade kullanabilen bir öğrenciden beklenen bir durumdur. Yine K2 öğrencisi, çift yarıktaki girişim desenini, aydınlık – karanlık saçakların perde üzerindeki dizilimlerini ve bunun yol farkının değişiminden kaynaklandığını açıklamasına rağmen, çift ve tek yarıktaki girişim desenlerinin parlaklıklar bakımında farklılık göstermesi olayını hatırlamadığını belirtmiştir. Önceki sorunun analizlerine bakıldığında, K2 öğrencisinin Huygens prensibini benimsemediği görülecektir. K2 önceki soruda tek yarıktaki girişimi “ışığın yarığın uçlarında bükülmesi” şeklinde açıklamıştır. Huygens prensibini benimsemediğinden dolayı, ikinci soru ile ilgili yapılan öğretim sonrası görüşmede çift ve tek yarıktaki girişim desenleri arasındaki parlaklık bakımından oluşan farklılıkları açıklayamamıştır. Bilimsel olarak desenler arasındaki farklılığın açıklanabilmesi için Huygens prensibindeki bilgilerin kullanılması gerekmektedir. Bu durum da yine kontrol grubunun bir eksikliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Kısmi yanıt veren öğrencilerde K3 öğrencisi, yol farkı ile dalga boyu ilişkisinin perde üzerindeki aydınlık – karanlık saçakları belirleyeceğini belirtmiştir. Aydınlık – karanlık saçakların oluşumunu da bilimsel olarak açıklamıştır. Ancak yol farkı kavramına ait yanlışları ilk soruda olduğu gibi sürmektedir. K3 öğrencisi yol farkı kavramını perdedeki bir noktanın kaynağa olan uzaklığı şeklinde ifade etmektedir. Bu ve buna benzer yanlışlara özellikle kontrol grubu öğrencilerinde sıkça rastlanmıştır

Genel olarak bakıldığında deney grubu öğrencilerinin %90'ı, kontrol grubu öğrencilerinin ise %80'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Sayısal veriler bakımından arada %10 gibi bir farklılık görülmektedir. Ancak öğrenciler ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşmelerinde bu farklılığın deney grubu lehine daha da fazla olduğunu ortaya çıkarmıştır.

5.2.3 Kavramsal Anlama Testindeki 3.Soruya Ait Bulgular

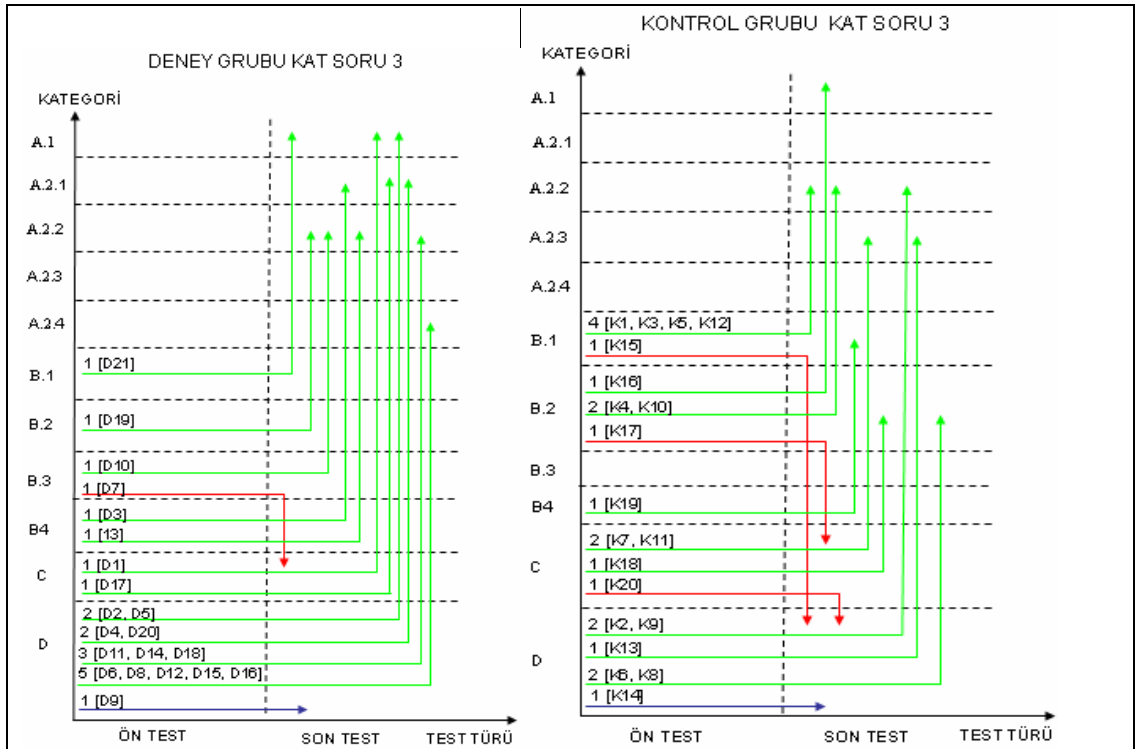
Kavramsal anlama testinin üçüncü sorusu daha öncede belirtildiği gibi öğrencilerin çift ve tek yarıktaki girişim desenleri arasındaki merkezi aydınlık saçak genişliği bakımından farklılıkları ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Verilerin Analizi bölümünde açıklandığı gibi öğrencilerin yanıtları kategorize edilmiş ve Tablo 5.5 oluşturulmuştur.

Tablo 5.5: Öğrencilerin 3. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları

YANIT TÜRLERİ	DENEY GRUBU		KONTROL GRUBU	
	Ön Test n (%)	Son test n (%)	Ön Test n (%)	Son Test n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar				
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru				
“Tek yarıktaki girişim deseninde, perde üzerinde alınan bir nokta için yol farkının hem sıfır hem de $\frac{\lambda}{2}$ olduğu durumdan ışık dalgaları birbirlerini kuvvetlendirerek aydınlık oluştururlar. Tek yarıktaki merkezi aydınlık saçak kalındır. Oysa, çift yarıktaki yol farkı sıfır iken aydınlık, yol farkı $\frac{\lambda}{2}$ iken karanlık oluşur. Çift yarıktaki girişim deseninde merkezi aydınlık saçak, diğer saçaklar ile aynı kalınlıktadır.”	0	4 (19,04)	0	1 (5,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar				
2.1				
➤ Tek yarıktaki yol farkı $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda da aydınlık olur. Bu yüzden tek yarıktaki ortada ki aydınlık saçak geniştir.	0	4 (19,04)	0	0
2.2				
➤ Tek yarıktaki iki kaynak birbirini sönmülemeyeceği için merkezi aydınlık saçakta saçak genişliği $2\Delta x$ olur ve oluşan aydınlık çizgi diğer çizgilere göre kalındır.	0	6 (28,52)	0	8 (40,00)
2.3				
➤ Dalgalar birbirini sönmülememez ve bu bölgede çift yarığa göre daha kuvvetli ve büyük bir aydınlık oluşur.	0	0	0	3 (15,00)
2.4				
➤ Tek yarıktaki ışık kaynağında w’de ışık kaynağı birbirini güçlendirirken saçak aralığı daha geniştir. Çift yarıktaki ise iki kaynak gibi davranarak birbirini söndürür.	0	5 (23,80)	0	0
Ara Toplam 1	0	19 (90,47)	0	12 (60,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				
1. Işığın Dalga Modeli Fikrini İçeren Yanıtlar				

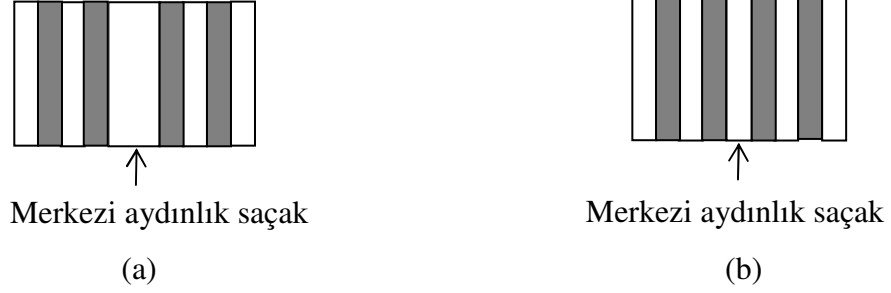
Tablo 5.5'in devamı

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Çift yarıktaki girişimde saçaklar arası genişlik farklı olduğu için girişim deseni farklı oluşur. ➤ Işık kırınımına daha fazla uğrar. ➤ Tepe – tepe bir araya gelmiştir. 	1 (4,76)	0	5 (25,00)	1 (5,00)
2. Olayları Geometrik Optik Açıklayan Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aradaki boşluklar(yarıklar) aydınlık çizgileri belirler. ➤ Geçen ışık miktarı azaldıkça toplam aydınlık miktarının azalması gerekir. Bu yüzden de karanlık çizgi kalınlığının artması gerekir. ➤ Çünkü ışınlar tek yarıktaki merkeze doğrudan gelir. Ama çift yarıktaki yol uzamaktadır. 	1 (4,76)	0	4 (20,00)	3 (15,00)
3. Çift Yarıktaki Girişim Desenini, İki Tek Yarıktaki Girişim Deseninin Çakışması ile Açıklayan Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Çift yarıktaki girişim deseninde iki tane tek yarıktaki desen üst üste gelmiştir. ➤ Bir yarıktaki varken bir görüntü vardır. İki yarıktaki kullanıldığında iki yarığın görüntüsü çakışır. 	2 (9,52)	0	0	0
4. Sezgisel yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Işığın geçebileceği daha fazla aralık olduğu için. ➤ Çünkü iki dar aralıkta daha fazla ışın geçişi olur ve ilk ışınlar çakışır. Bir dar aralıkta bir ışın geçişi olduğu için ilk ışınları kırarak bir şey olmaz. 	2 (9,52)	0	1 (5,00)	0
Ara Toplam 2	6 (28,57)	0	8 (50,00)	4 (20,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	2 (9,52)	1 (4,76)	6 (30,00)	1 (5,00)
D. Yanıtsız	13 (61,90)	1 (4,76)	6 (30,00)	3 (15,00)
TOPLAM	21 (100)	21 (100)	20 (100)	20 (100)



Şekil 5.5: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 3. soruya ait fikirlerinin gelişimi

Kavramsal anlama testindeki üçüncü soru, öğrencilerin ışığın tek yarıқта ve çift yarıқта girişim yapması konusuna ait kavramsal anlamalarını sorgulamaktadır. Öğrencilere Şekil 5.6.(a)'daki tek yarıқта girişim ve Şekil 5.6.(b)'deki çift yarıқта girişim deseni verilmiş ve merkezi aydınlık saçaklar arasındaki farkın neden kaynaklandığı sorulmuştur.



Şekil 5.6: Kavramsal anlama testindeki 3.soruda bulunan tek ve çift yarıқта girişim desenleri

Üçüncü soru, kavramsal anlama testindeki birinci ve ikinci soruları kapsamaktadır. Öğrencilerin bu soruyu tam doğru olarak yanıtlayabilmeleri için tek ve çift yarıқта girişim desenlerinin nasıl oluştuğuna dair fikirlerinin tam doğru olması gerekmektedir. Bu bakımdan testin önem arz eden sorularındandır.

Sorunun bilimsel olarak tam doğru kabul edilebilmesi için, “tek yarıқта girişim deseninde yol farkı sıfır ve $\frac{\lambda}{2}$ iken aydınlık, çift yarıқта girişim deseninde ise yol farkı sıfırken aydınlık, $\frac{\lambda}{2}$ iken karanlık oluşacağını, dolayısıyla tek yarıktaki merkezi aydınlık saçığın çift yarıktakine göre kalın olacağını belirtmesi şart kabul edilmiştir.

5.2.3.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön teste bakıldığında testin ilk iki sorusunda karşılaşılan tabloya benzer bir durum ortaya çıkmaktadır. Deney ve kontrol gruplarında bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Ön testte deney grubu öğrencilerinin %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin ise %25'i bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrencilere ait yanıtlar aşağıda verilmiştir.

D21: Çift yarıktaki girişimde saçaklar arası genişlik farklı olduğu için girişim deseni farklı oluşur.

K1: Birinde tek yarıktaki, diğerinde çift yarıktaki girişim deneyi yapılmıştır.

K3: Birincisi tek, ikinci çift yarıktaki girişimdir.

K5: Tepe – tepe bir araya gelmiştir.

K12: Işık ışınları daha çok kırınıma uğradığından çift yarıktaki girişim deseni böyle olur.

K15: Işık kırınıma daha fazla uğradığı için.

Bu öğrencilerde sorunun ışığın dalga modeli ile ilgili bir yanıtının olduğu fikri uyanmıştır. Ancak verilen durumu net bir şekilde açıklayamamışlardır. K5 öğrencisi ile yapılan görüşmeye ait bir diyalog aşağıda aktarılmıştır. K5 öğrencisinin 3.soruya verdiği yanıt 1. ve 2. sorular ile bütünlük arz etmektedir. Dolayısıyla ilk iki soruya ait diyaloglar da aktarılmıştır.

K5: Işık havada ilerlerken o yarıktan geçerken kırınıma uğramıştır. Yani zaten dershanede de görmüştüm öğretmenimizde anlatmıştı. Kırınım olayı vardı burada, aydınlık saçaklar karanlık saçaklar bu şekilde oluşmuştur diye düşündüm ama.

Araştırmacı: Kırınım nedir?

K5: Kırınım su dalgalarında vardı. Su dalgasının küçük bir delikten geçerken yuvarlanması, yani bükülmesi.

Araştırmacı: Bunu ışık ile ilgisi nedir? Su dalgaları ile ilgili bir şey olduğu sonucuna vardım bu sözlerinizden de o yüzden soruyorum.

K5: Işıkla ilgisi...İşin aslı ben kırınım olduğunu biliyorum sadece. Ama evet kırınım su dalgalarında vardı yanlış mı hatırlıyorum acaba. Birde girişim vardı o muydu...

Araştırmacı: Girişim nedir?

K5: Mesela iki kaynak böyle suyun içine girip çıkıyordu, bir girişim oluşuyordu. Dalgalar birbiri içinden geçiyorlardı. Bazı noktalarda düğüm çizgileri bazı yerlerde ise dalga katarları oluşuyordu. Buna girişim diyorduk. Işığı da kırınıma ya da bu

anlattığım girişime benzetmiştik. Ama hatırlamıyorum hocam. Hangisi geçerli bilemiyorum.

Araştırmacı: Peki neden bu kadar muntazam aydınlık karanlık bölgeler oluştuğu konusundaki düşünceniz nedir?

K5: Aydınlık karanlık bölgeler...

Araştırmacı: İkinci soruda tek yarık yerine çift yarık kullanıyoruz ve perde üzerinde yine aydınlık karanlık bölgeler oluşuyor. Bu olayı nasıl açıklarsınız demişiz. Bize “ışık ışınlarında tepe – tepe bir araya gelince aydınlık, çukur – çukur bir araya gelince de karanlık saçaklar oluşur” şeklinde yanıt vermişsiniz.

K5: Çok iyi bilmiyorum ama galiba öyleydi. Yani olmayabilirdi. Fazla bir bilgim yok hatta hiç bilgim yok diyebilirim.

Araştırmacı: Peki tek yarık kullanılınca oluşan desen ile çift yarık kullanılınca oluşan desen arasındaki farkın sebebi ne olabilir sizce? Tek yarık kullandığımda merkezde kalın bir aydınlık, çift yarık kullandığımda ise merkezdeki aydınlık diğer aydınlıklar ile aynı boyutta bu fark nereden kaynaklanıyor olabilir?

K5: Ya tepe – tepe aydınlık çukur – çukur karanlık onu biliyorum farkı bilmiyorum.

Araştırmacı: Bu tepeler çukurlar nedir acaba?

K5: Su dalgalarındaki gibi. Işığı su dalgalarına benzetmiştik. Işıpta da tepe ve çukurlar vardı. Bu kadar...

K5 öğrencisi katılmış olduğu kurs ve kendi öğretmeninin yapmış olduğu öğretime binaen ışığın su dalgalarına benzetildiği fikrine sahiptir. Bu fikir bilimsel olarak doğrudur. Tepe – tepe bir araya gelince aydınlık, çukur – çukur bir araya gelince karanlık çizgilerin oluştuğunu belirtmiştir. Konuya dair doğru ifadelerin yanında yanlış bir ifadesi vardır. Bilimsel olarak çukur – çukur üst üste geldiğinde de aydınlık oluşur. K5 bu konuda bir karmaşa yaşamaktadır. Girişim desenlerini ve bu desenlerin arasındaki farklılıkları açıklayamamıştır. Görüşmeden de anlaşılacağı üzere bilgisinden emin değildir. Bilimsel olarak geçerliliği olan bir kavramsal anlamaya sahip olmadığı görülmektedir.

Işığın dalga modeli fikrini içeren ve bilimsel olarak kabul edilemeyen görüşe sahip olan öğrencilerden K1 ile yapılan görüşme diyalogları aşağıda verilmiştir.

Araştırmacı: Tek yarık kullandığımda ortada geniş bir aydınlık, çift yarık kullanıldığında ise ortada ince bir aydınlık oluşuyordu. Bu fark neden kaynaklanıyor olabilir? Bunu açıklayabilir misiniz?

K1: Tek yarık olduğu zaman büyük bir aydınlık oluşuyor fakat çift yarıktaki ise her iki yarıktaki ise diğeri de oluşturacağı için bir yarığın oluşturduğu gölgesi diğeri aydınlığını kapatıyor gibi. Faz farkı falan oluyor orada.

Araştırmacı: Biraz daha açabilir miyiz?

K1: Tek yarıktaki büyük bir aydınlık var ortada. Çift yarıktaki birinin ortadaki aydınlığını diğeri gölgesi kapatıyor.

Araştırmacı: Yarığın gölgesi nasıl olabilir?

K1: Yarığın gölgesi...

Araştırmacı: Şunu söylemeye çalışıyorum; yarıktaki ışık geçmesi gerekmez mi? Yarık, engel demek değil ki! Nasıl gölgesi oluşsun?

K1: Evet hocam haklısınız. Ben nasıl düşündüm ki!

Araştırmacı: Vermiş olduğunuz yanıtta, “birinde tek yarıktaki girişim, diğeri çift yarıktaki girişim vardır” demişsiniz. Burada “girişim” demenizdeki sebep nedir?

K1: Girişim dememdeki sebep...İşte bu tepe ve çukurlar vardı. Ya bilemiyorum hocam geçelim.

Araştırmacı: Birde az önce faz farkı diye bir söz kullandınız. Nedir faz farkı?

K1: Bir noktayı böyle birleştiriyorduk falan. Ama hatırlamıyorum.

K1 öğrencisi yarıklardan birinin oluşturduğu merkezi aydınlığının bir kısmını, diğer yarığın gölgesinin kapatacağını böylelikle merkezi aydınlık saçığının çift yarıktaki ince olacağını söylemiştir. Araştırmacının kendisine sorduğu sorular ile bunun mümkün olamayacağını anlamış ve soruna bir çözüm bulamamıştır. Ayrıca kendi ifadelerinde kullandığı “faz farkı”, “girişim” kavramlarını da açıklayamamıştır. Görüldüğü gibi öğrencide ışığın dalga modeli fikri bulunmakla birlikte, öğrenci bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek bir kavramsal anlamaya sahip değildir.

Ön testte deney grubu öğrencilerinin %5’i, kontrol grubu öğrencilerinin ise %20’si bilimsel olarak kabul edilemeyen ve “olayları geometrik optikle açıklayan yanıtlar” kategorisine uygun yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrencilere ait yanıtlar aşağıda verilmiştir.

D19: Aradaki boşluklar aydınlık çizgileri belirler.

K4: Geçen ışık miktarı azaldıkça toplam aydınlık miktarının azalması gerekir. Bu yüzden de karanlık çizgi kalınlığının artması gerekir.

K10: Işık kaynağının önündeki deliğin büyük ya da küçük olmasından dolayı olabilir.

K16: Engellerin mesafesinden dolayı

K17: Yarık genişliğinden dolayı olabilir

K4 öğrencisi geometrik optik bilgilerinin kullanarak, geçen ışık miktarının azalması ile toplam aydınlık miktarının azalması gerektiğini söylemiştir. Geometrik optiğe göre söyledikleri yanlış değildir. Ancak bu öğrencide ışığın dalga modeli fikri bulunmamaktadır. Ön test için beklenen bir yanıttır. D19 öğrencisi de geometrik optik bilgilerine dayanarak yarıkların aydınlık bölgeleri belirleyeceğini söylemiştir. Diğer öğrenciler ise yarıkların genişliğinin olayı etkileyeceğini söylemişler ancak açıklama getirememişlerdir. Bu öğrencilerden K4 ile yapılan ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk iki sorudaki durumlar arasındaki fark nedir? Örneğin tek yarıқта oluşan merkezi aydınlık geniş iken, çift yarıқта oluşan dardır.

K4: Tek yarık işte daha ortasından ikiye ayrıldığı için...

Araştırmacı: Anlayamadım!

K4: Ya bizim engelimiz şey olduğundan dolayı ikiye bölündüğü için yani normalde geniş bir alan olmasının nedeni direk olarak ışıkların orada... O aralıklar eşit miydi?

Araştırmacı: Tabi... Evet.

K4: Karanlıkların ortasındaki ufak bir parçanın olmasından dolayı ortasındakini de karanlık görüyoruz.

Araştırmacı: Ortada karanlık oluşmuyor yalnız aydınlık oluşuyor.

K4: Ortada aydınlık oluşuyor. Bilmiyorum. Geçelim.

Araştırmacı: Son olarak toparlayarak geçsek olabilir mi acaba?

K4: Tek yarıқта ortası karşıyı görüyor. Çift yarıқта görmüyor. Orada o yüzden aydınlık oluşuyor. İnce aydınlık oluşuyor. Bir ve iki yarık olması arasında fark vardır herhalde.

K4 öğrencisi araştırmacının ısrarı ile yaptığı toparlama sonucunda olayı açıklamak için kavramsal anlama testinde olduğu gibi geometrik optik bilgilerini kullanmıştır.

Ön testte deney grubunun yaklaşık %10'u çift yarıktaki girişim desenini, iki tek yarıktaki girişim deseninin çakışması olarak açıklamıştır. Bu bilimsel olarak doğru kabul edilemez bir yanıttır. İki öğrencinin verdiği yanıt tabloda görölmektedir.

Ön testte; deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %10'u, kontrol grubu öğrencilerinin %5'i soruya sezgisel yanıt vermişlerdir. Bu öğrencilere ait yanıtlar tabloda görölmektedir.

Ön testte, genel bir ifadeyle deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %29'u, kontrol grubu öğrencilerinin %50'si soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir.

Ön testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %10'u, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u soruya kodlanamaz yanıt vermişlerdir. Bu öğrencilere ait yanıtlar aşağıda verilmiştir.

D1: İki aralıklı ışık kaynağı olduğu için.

D17: İlk deney tek yarıktaki, ikinci deney çift yarıktaki yapılmıştır.

K7: Işığın kırılmasının daha fazla olduğu yerler.

K11: Işığın kamalarının daha fazla olduğu yerler.

K18: Işığ miktarı azaldığı için

K20: Işığ kaynağına göre değişebilir.

Bu öğrenciler arasından görüşme yapılan D1 öğrencisine ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: "İlk iki soru arasındaki farkı nasıl açıklarsınız" diye sormuştuk. Birinde merkezi aydınlık saçak çok kalındı diğerinde ise daha inceydi. Bunun açıklaması için ise "iki aralıklı ışık kaynağı olduğu için" demişsiniz.

D1: Yani aralıklar arasında bir uzunluk farkı var ya ondan dolayı belki bir ışık geçmesi gibi öyle bir şey düşündüm orda ben. Tek de mesela direk ışık gelecek ama ikisinin arasında bir d uzaklığı olduğu için, arası kapalı olduğu için, ondan dolayı orda bir farklılık olur diye düşünmüştüm.

Araştırmacı: Toparlayabilir miyiz?

D1: Dediğim gibi karşıdaki noktayı tek yarık direkt olarak görüyor ama çift yarık o şekilde görmüyor. Direkt olarak geçince daha fazla bölgeyi aydınlatır gibi geldi.

D1 öğrencisi kavramsal anlama testindeki üçüncü soruya kodlanamaz yanıt vermesine rağmen, kendisi ile yapılan görüşme aslında kendisinin nitelikli bir yanıt vermediğini göstermiştir. D1 öğrencisi geometrik optik bilgilerini kullanmaktadır. Öğrenci tek yarıta, ışık kaynağının önünde kapalı bir bölge (engel) olmadığı için kaynağın perde üzerinde daha fazla bir bölgeyi aydınlatacağını söylemiştir. Çift yarıta ise kaynağın önünde kapalı bir bölge olduğu için, tek yarıttaki gibi kalın merkezi aydınlık saçağın oluşmayacağını belirtmiştir. Sonuç olarak öğretim öncesi yapılan görüşme D1 öğrencisinin ışığın dalga modeli ile ilgili kabul edilebilir bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını göstermiştir.

Ön testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %62'si, kontrol grubu öğrencilerinin ise %30'u soruyu yanıtızsız bırakmışlardır. Kavramsal anlama testinin ilk iki sorusu tek ve çift yarıta girişim ile ilgili öğrenci fikirlerini araştırmaktadır. Bu soruların ardından sorulan üçüncü soru, tek ve çift yarıta girişim deseni farklılıklarına dair öğrenci fikirlerini araştırmaktadır. Dolayısıyla üçüncü sorunun öğrenciler tarafından yanıtlanabilmesi için, öğrencilerde konuya ait daha üst düzey bilginin bulunması gerekmektedir. İlk iki sorunun ön test analizlerine bakılırsa yanıtlanma oranının hayli düşük olduğu görülecektir. Dolayısıyla daha üst düzey bilgi gerektiren üçüncü sorunun bu denli yüksek oranda yanıtızsız bırakılması doğal karşılanmalıdır.

5.2.3.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %19'u (4 Kişi), kontrol grubu öğrencilerinin %5'i (1 Kişi) soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Sonuçlar deney grubunun tam doğru yanıtlar bakımından kontrol grubunun önünde olduğunu göstermektedir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: Çift yarıktaki aydınlık saçakların parlaklıkları aşağı yukarı aynı iken, tek yarıktaki aydınlık saçakların parlaklıkları merkezdeki aydınlıktan itibaren azalıyor. Bunun sebebi konusundaki fikriniz nedir?

D1: Evet hatırlıyorum. Burada D3'ün bir cevabı olmuştu. Yarık içinde birçok kaynak düşünmüştük. Gittikçe yani perdenin kenarlarına doğru gidildikçe yarığın her defasında daha az kısmı perdeyi aydınlatıyordu. Yarığı bölgelere ayırmıştık onları teker teker incelemiştik. Bu şekilde bölge bölge gidildiğinde her aydınlık için yarığın daha az bir oranda kısmı perdeyi aydınlatıyordu. Gittikçe daha az parlak saçaklar elde ediliyor. Bir de zaten tabii ki uzaklık var. Bu durumu etkiliyor. Uzaklık arttıkça aydınlanma azalıyor.

Araştırmacı: Peki üçüncü sorumuza geçelim. Bu sorumuzda tek yarıktaki girişim deseni ve çift yarıktaki girişim desenleri arasındaki fark verilmişti. Bu konudaki fikirlerinizi sormuştuk. İlk teste baktığımda “iki aralıklı ışık kaynağı olduğu için” şeklinde yanıt vermişsiniz. İkinci teste baktığımda “tek yarıktaki her bir nokta farklı ışık kaynağı gibi davranır ve bu ışık kaynakları arasındaki faz farkı $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda

perde üzerinde hala aydınlık görülür ama çift yarıktaki $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda karanlık görülür bu yüzden tek yarıktaki merkezi aydınlık saçak daha geniştir” şeklinde yanıt vermişsiniz. Bu yanıtı biraz daha açabilir miyiz?

D1: Tek yarıktaki dediğim gibi yarığın her noktasını bir kaynak gibi düşünüyorum ve bunların girişimini inceliyorduk. Bu kaynaklar için tam karşıda yani merkezde aydınlık vardı. Ancak $\frac{\lambda}{2}$ de yine söniümlenmiyor, aydınlık oluyordu. Ancak çift

yarıkta girişimde $\frac{\lambda}{2}$ 'lik yol farkı olduğunda karanlık oluyordu. O yüzden tek yarıқта merkezi aydınlık saçak daha kalındır. Bu kadar.

Araştırmacı: Şu an söylediklerinizde “yol farkı” ifadesini kullandınız. Oysaki testteki yanıtınıza bakıldığında “faz farkı” gibi bir ifade kullanıyorsunuz.

D1: Testte yanlış mı yazmışım? Evet evet. Testte yanlış yazmışım. Faz farkı başka bir şey. Yani tabii ki yol farkı olmalı.

Önceden de belirtildiği gibi öğretim sonu yapılan görüşmelerde öğrencilerin ön ve son testlerde verdikleri yanıtların karşılaştırılmasının yanında öğrencilerin konuya olan hakimiyetleri de araştırılmıştır. Öğrencilere; çift yarıқта saçak parlaklıklarının aşağı yukarı aynı olmasının, tek yarıқта ise saçak parlaklıklarının merkezi aydınlık saçaktan itibaren giderek azalmasının sebebi sorulmuştur. Öğrencilerinin soruyu doğru yanıtlayabilmeleri için Huygens Prensipli kullanmaları, ayrıca merkez doğrusundan uzaklaştıkça, uzaklığın artacağından dolayı aydınlanmanın azalacağını belirtmeleri gerekmektedir. D1'in üçüncü soruya verdiği yanıt az önce belirtilen soru ile (saçak parlaklıkları arasındaki farklılıklar konusunda öğrenci fikirlerini araştırılan soru) bütünlük oluşturduğundan birlikte aktarılmıştır.

D1 öğrencisine saçak parlaklıklarının; çift yarıқта aşağı yukarı aynı olmasının, tek yarıқта ise merkezden dışarıya doğru gidildikçe azalmasının sebebi sorulmuştur. D1, sözlerine D3 arkadaşının söylediklerini hatırlatarak başlamıştır. Bu durum yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği deney grubunun bir üstünlüğü olarak ortaya çıkmaktadır. D1 öğrencisi sınıf içindeki bir tartışma ortamında arkadaşı D3'ün söylediklerinden etkilenmiştir. Öğretmenin mümkün olduğunca öğrenme ortamından çekilmesinin, öğrenciler arası tartışma ortamının oluşmasına olanak sağlamasının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

D1 öğrencisi tek ve çift yarıktaki saçak parlaklıkları bakımından farklılıkları açıkça vurgulayabilmiştir. Ayrıca tek yarıқта girişim desenindeki merkezi aydınlık saçığın diğer saçaklara göre kalın olmasının nedenini de bilimsel olarak tam doğru yanıtlamıştır. Son testte üçüncü soruya verdiği yanıtta “yol farkı” yerine “faz farkı” ifadesini kullanmıştır. Ancak öğrencinin verdiği tüm yanıt okunduğunda öğrencinin

yanlışlıkla “faz farkı” ifadesini kullandığı açıkça anlaşılmaktadır. Ayrıca diyalogları yukarıda aktarılan öğretim sonu görüşme; öğrencinin konu ile ilgili bilimsel olarak kusursuz bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir.

Araştırmacı: İlk testte herhangi bir yanıt vermemişsiniz. İkinci testte ise “tek yarıқта yol farkı $\lambda/2$ olduğunda da aydınlık saçak oluşur. Bu nedenle merkezi aydınlık saçak daha geniştir” demişsiniz. Çift yarıқта $\lambda/2$ olduğunda aydınlık saçak oluşmuyor mu?

D2: Yok oluşmuyordu. Sadece tek yarıқта oluşuyordu. Hatta şekillerle falan göstermiştik. Burada tam ikisi de $\lambda/2$ olduğunda aydınlık tepe – tepe geliyordu sanırım. O yüzden de aydınlık saçak daha kalın oluyordu. Ortadaki aydınlık saçak için yol farkı hem sıfırken hem de $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda aydınlık oluşuyordu. Çift yarıқта öyle olmuyordu.

Araştırmacı: Çift yarıқта nasıl oluyordu?

D2: Çift yarıқта yol farkı yokken yani sıfırken aydınlık saçak, $\frac{\lambda}{2}$ iken karanlık olur, aydınlık olmazdı.

Deney grubu öğrencilerinden D2'nin tek ve çift yarıқта girişim desenleri ile ilgili bilimsel olarak tam doğru kavramsal anlamaya sahip olduğu görülmektedir.

Araştırmacı: İlk testte buna bir yanıtınız olmamıştı. İkinci testte “çünkü tek yarıқта her noktacı farklı ışık kaynağı gibi davranır. Ve tek yarıқта $\frac{\lambda}{2}$ uzaklık olduğunda da hala aydınlık görülür. Merkezin aydınlık saçacağın olduğu $\frac{\lambda}{2}$ ve λ kadar yol farkı olduğunda aydınlık saçak oluşur. Çift yarıқта sadece λ nun tam katı olduğunda aydınlık oluşur. Bu yüzden tek yarıқта aydınlık saçak daha kalındır” şeklinde yanıtlamışsınız. Bu yanıtında anlamadığım bir şey var. “ $\frac{\lambda}{2}$ uzaklık olduğunda” gibi ifade geçiyor. Bu “uzaklık” neyi anlatıyor?

D5: Aslında bu uzaklık değil. Dikkat etmeden yazmışım. Uzaklık demekle yani iki kaynak vardı, perdedeki nokta ile birleştirip dik indiriyorduk. Orası $\frac{\lambda}{2}$ olursa aydınlık olur. Bu aslında yol farkı. Yol farkı $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda yine aydınlık olur.

D5 öğrencisi kavramsal anlama testindeki verdiği yanıt tam doğru kabul edilmiştir. Yazdıkları kendisinin doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Ancak “ $\frac{\lambda}{2}$ ’lik yol farkı olduğunda” ifadesini kullanacağına “ $\frac{\lambda}{2}$ uzaklık olduğunda” ifadesini kullanmıştır. Görüşme kayıtlarına bakılırsa bunun önemli bir hata olmadığı görülecektir. Diyaloglarda görüldüğü gibi araştırmacı bu hatanın üzerine gidince, D5 öğrencisi hatasını anlamış ve düzeltmiştir.

Kontrol grubu öğrencilerinden kendisi ile görüşme yapılan ve bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %19’u “Tek yarıқта yol farkı $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda da aydınlık olur. Bu yüzden tek yarıқта ortada ki aydınlık saçak geniştir” şeklinde bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Bu öğrencilerin kullandıkları “Tek yarıқта yol farkı $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda da” ifadesi diğer kısmi yanıtlara göre daha niteliksel kılmaktadır. Bu kategoriye uygun yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: “Tek yarıқта yol farkı $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda da aydınlık olur. Sonra bu nedenle çift yarıktan farklı olarak A_0 daha geniş gözükür” demişsiniz.

D3: Nasıl anlatayım. Çift yarıқта direk iki nokta kaynak olarak görev yapıyor ve direk aynı anda çıkış yani aynı anda tepeler, aynı anda çukurlar çıkıyor ve tam yani çok muntazam şekilde tepe tepe, çukurlar bir araya geliyor fakat tek yarıқта bir sürü kaynak varmış gibi düşünüyoruz yani kaynaklar arasındaki yol farkı λ olana kadar

birbirini mesela en üstteki kaynağa alttaki onu sönmüleyemiyor. Yani λ olana kadar birbirlerini sönmüleyemiyorlar. λ 'dan sonra birbirlerini sönmülemeye başlıyorlar. Belli bir mesafeye kadar sönmüleyemiyor, ondan sonra artık bir tarafı bir tarafını sönmülemeye başlıyor. Böylelikle ilk saçığı daha geniş oluyor doğal olarak.

Araştırmacı: Çift yarıktaki nasıl bu durum?

D3: Çift yarıktaki direkt eşit olarak iki aynı dalga kaynağı girişim yapıyor. Bu yüzden hiç diğerlerinden daha geniş bir saçık ya da diğer saçıklardan fazla genişlik gözlenmiyor. Çift yarıktaki az önce söylediğim gibi λ olana kadar değil de $\frac{\lambda}{2}$ olana kadar sönmüleyemiyor. İnce oluyor dolayısıyla. Ortadaki aydınlık...

D3 öğrencisi bazı anlatım hataları dışında bilimsel görüşe doğru fikirlerini değiştirmiş gözükmektedir. Kavramsal anlama testindeki yanıtı bilimsel olarak kısmen doğru kategorisine uygun düşse de sahip olduğu fikirler bilimsel olarak tam doğrudur. Soruyu açıklayışına bakılırsa, onun öğretim sırasında konuya ait durumları zihin süzgecinden geçirdiği ve aldığı bilgileri işlediği anlaşılacaktır.

Araştırmacı: “Tek yarıktaki girişim deseni $\frac{\lambda}{2}$ ’lik yol farkında da ortadaki aydınlık saçık daha kalın görünür” şeklinde yanıt vermişsiniz. Biraz daha açabilir misiniz?

D4: Dersteki şekilleri canlandırmaya çalışıyorum da. Projeksiyonda bilgisayarda falan göstermiştiniz açıklamıştınız onları düşünüyorum. Çift yarıktaki tek durum vardı. Tek yarıktaki da sıfır ve $\frac{\lambda}{2}$ olunca yani yol farkı o zaman aydınlık gözüküyordu. Tek yarıktaki iki kez aydınlık gözüküyordu, çift yarıktaki bir kez.

Araştırmacı: “Çift yarıktaki tek durum” vardı derken neyi kastettiniz?

D4: Çift yarıktaki mesela $\frac{\lambda}{2}$ iken aydınlık olmaz. Karanlık olur. Sadece merkezin üzerinde kuvvetlendirme olur.

D4 öğrencisi bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermesine rağmen, öğretim sonrası yapılan görüşme fikirlerinin bilimsel olarak tam doğru olduğunu ortaya

koymaktadır. Deney grubu öğrencilerinden D3 ve D4'ün testteki yanıtları kısmen doğru olsa da yapılan öğretim sonrası görüşmeler bu öğrencilerin aslında bilimsel olarak doğru görüşe çok yakın olduklarını göstermiştir. Öğrenciler testte nitelik bakımından yetersiz yanıt vermişlerdir, ancak bilimsel olarak tam doğru fikirlere sahiptirler.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %29'u, kontrol grubu öğrencilerinin %40'ı, “*Tek yarıқта iki kaynak birbirini sönmüleyemeyeceği için merkezi aydınlık saçakta saçak genişliği $2\Delta x$ olur ve oluşan aydınlık çizgi diğer çizgilere göre kalındır*” şeklinde bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Bu yanıt, öğretim aşamalarında öğrenciler tarafından öğrenilen doğru bir bilgidir ve öğretim sonunda öğrencilerin zihninde bir değişim yaşandığının bir kanıtıdır. Öğrenciler sadece “*kaynaklar birbirini sönmüleyemez dolayısıyla saçak genişliği $2\Delta x$ olur*” gibi bir ifade kullanmışlardır. Ancak bu yanıt neden sonuç ilişkileri bakımından istenilen nitelikte değildir. Deney grubunda bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır. Kontrol grubundaki öğrencilerden bu kategoriye uygun yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılanlara ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: Çift yarık deneyi ile tek yarık deneyi arasındaki desen farkını sormuştuk. İlk testte “şekil 1 de tek yarıқта girişim deneyi, şekil 2 de çift yarıқта girişim deneyi yapılmıştır” şeklinde cevap vermişsiniz. İkinci teste baktığımızda “Tek yarıқта iki kaynak birbirini sönmüleyemeyeceği için merkezi aydınlık saçakta saçak genişliği $2\Delta x$ olur ve oluşan aydınlık çizgi diğer çizgilere göre kalındır ve aydınlıktır” şeklinde yanıt vermişsiniz. Öncelikle kalın olma sebebini açıkladığınızı düşünüyor musunuz?

K1: ...

Araştırmacı: Aslında isteğim neden kalın neden ince... Buna açıklamanız.

K1: Hatta deneyde de görmüştük tek yarıқта ortada kalın bir aydınlık saçak, çift yarıқта ise diğerleriyle aynı bir aydınlık saçak vardı.

Araştırmacı: İşte tam bunun sebebini istiyorum.

K1: Bunun sebebi aklıma gelmiyor şu anda. Noktalar falan koymuştunuz.

Araştırmacı: Noktalar?

K1: Bilemiyorum.

K1 öğrencisi öğretmenin yaptığı deneylerden çıkan sonuçları hatırlamaktadır. Ancak durumun açıklamasına dair fikirleri konusunda kendinden emin değildir. Soruyu yanıtlamaktan kaçır bir tavır sergilemiştir.

Araştırmacı: “ $2\Delta x$ olur ve oluşan aydınlık çizgi diğer çizgilere göre kalındır”. Δx demekle neyi kastediyorsunuz burada?

K2: Yani $L\lambda/d$ kadar. Yani bu Δx , 1. merkezi aydınlık saçak genişliği.

Araştırmacı: “ K_1 ve K_2 birbirini sönmüleyemezler yine aydınlık olur bu yüzden tek yarıktaki girişimde merkez doğrusunda kalın bir aydınlık saçak oluşur” şeklinde bir yanıtınız olmuş. K_1 ve K_2 demekle neyi kastediyorsunuz?

K2: Kaynakları kastediyorum

Araştırmacı: Hangi kaynaklar?

K2: Ya şimdi tek ışık kaynağı bu fant üzerine geldiğinde o zaman iki tane ışık kaynağı gibi davranıyor ya bu K_1 ve K_2 'nin P noktasına uzaklık farkı aynı olursa burada iki ışık kaynağının birbirinin tepesini çukurunu sönmüleyemeyeceği için ikisi de tam olarak fant üzerine geliyor ve ikisi de aydınlık saçak oluşturuyor o yüzden geniş bir yani $2\Delta x$ kadar aydınlık saçak oluşuyor orada.

Araştırmacı: Diğerinde, yani çift yarıktayken?

K2: Çift yarıktayken zaman yol farkı hiçbir zaman sıfır olmuyor.

Araştırmacı: Peki merkezi aydınlık saçakın ince olmasının sebebi nedir?

K2: Çünkü yol farkı sıfır olmadığı için bir kaynağın gönderdiği ışını bir diğer kaynak sönmüleyebiliyor yani. Yani üzerine gelebiliyor, çukurlaştırabiliyor o yüzden.

Araştırmacı: Tek yarıktayken olmuyor mu bu?

K2: Burada olmuyor çünkü yol farkı aynı. Sıfırlayabileceği bir durum yani. Bunun getirdiği ile bunun getirdiği aynı bunlar o yüzden birbirini sönmüleyemiyor ikisi de aydınlık oluşturuyor o yüzden. Çift yarıktayken bu, bu şekilde geliyor diğeri sönmüleyebiliyor burada kalan.

Araştırmacı: Son olarak çift yarıktayken sönmüleme oluyor, tek yarıktayken sönmüleme olmuyor diyorsun öyle mi?

K2: Evet

Araştırmacı: Peki tek yarıktayken hiç mi sönmüleme olmuyor?

K2: Ya eminim vardır biraz kesinde. Tek yarıktaki yol farkı eşit olduğu zaman aşağıdan ilk gönderdiğimiz ışınların yol farkı eşit olduğu zaman, yol farkı oluşmadığı için karşı tarafta aydınlık görünüyor. $2\Delta x$ kadar.

Araştırmacı: Peki çift yarıktaki?

K2: Çift yarıktaki öyle değil çünkü çift yarıktaki bir ışının gönderdiği ışın, karşı taraftaki diğer kaynağı sönmüleyebiliyor, onu kapatabiliyor bir şekilde. O yüzden aydınlık saçak $2\Delta x$ kadar değil Δx kadar oluyor.

K2 öğrencisi, çift yarıktaki kaynakların birbirini sönmüleyebildiklerini, ancak tek yarıktaki sönmüleyemediklerini dolayısıyla tek yarıktaki merkezi aydınlık saçığı kalın olduğunu belirtmiştir. Ancak bu söylemi araştırmacıda bir kuşku uyandırmış ve kendisine “tek yarıktaki hiç mi sönmüleme olmuyor?” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Öğrencinin soruya verdiği yanıt “Eminim vardır biraz” şeklinde olmuştur. Kavramsal anlama testindeki, tek yarıktaki girişim deseni ile ilgili ilk soruda yapıcı ve bozucu girişimi doğru bir şekilde açıklamasına rağmen, K2 öğrencisi bu bilgisini bu soruya (3.soru) transfer etme gücünü yaşamaktadır. Bütüncül bir kavramsal anlamayı gerçekleştirememiştir. Ayrıca “yol farkı eşit olduğunda” gibi bir ifade kullanmıştır. Bilimsel olarak yol farkı kavramı, perde üzerindeki bir noktanın kaynaklara olan uzaklıkları farkıdır. Dolayısıyla “yol farkı eşit olduğunda” gibi bir ifade anlamsızdır. Bu ifade K2’nin yol farkına dair doğru bir anlamaya sahip olmadığını göstermektedir. K2 ile aynı gruptaki öğrencilerden K4’ün önceki soruyu (2.soru) açıklarken yol farkı ile ilgili söyledikleri kontrol grubu ile ilgili bir gerçeği ortaya çıkarmaktadır.

Araştırmacı: “Yol farkı eşit olduğunda tepe – tepe gelir” demişsiniz. Biraz daha açabilir misiniz bunu?

K4: Yol farkı eşit olunca tepe – tepe üst üste gelir. Yani ışık bir dalga olduğundan aydınlık karanlık bölgeler oluşur.

Araştırmacı: Yol farkı nedir?

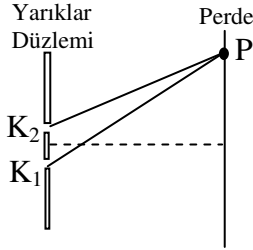
K4: Bir nokta alıp kaynaklara birleştirirsek, bu iki doğru arasındaki farktır.

Araştırmacı: “eşit olduğunda” demişsiniz. Bu fark ne ile eşit olacak ben bunu anlamıyorum.

K4: Bu iki doğru eşit olduğunda yol farkı eşit olur. Aydınlık oluşur.

Araştırmacı: Bu doğruların eşit olmadığı durumlar olamaz mı? Eşit olmadığı durumlarda ne olacak?

K4: Eşit olmadığı durumlarda karanlıklar oluşur.



Şekil 5.7: K4 ün kavramsal anlama testindeki ikinci soruyu yanıtlarken kullandığı çizim

K4 öğrencisi Şekil 5.7’de görülen $|K_1P|$ ve $|K_2P|$ doğrularının farkının “yol farkı” olacağını belirtmesine rağmen, “yol farkı eşit olduğunda” gibi bir ifade kullanmıştır. Kendisine yol farkının nasıl eşit olacağı sorulunca, “bu doğrular eşit olunca yol farkı eşit olur” şeklinde yanıt vermiştir. Oysaki kendisinin yapmış olduğu yol farkı tanımına göre $|K_1P|$ ve $|K_2P|$ doğruları eşit olursa, yol farkı sıfır olacaktır. Bu sonuç K4’ün bilgilerini zihin süzgecinden geçirmediğini göstermektedir.

K2 ve K4 ile yapılan görüşme diyalogları, kontrol grubu öğrencilerinin yol farkı kavramına ait bilimsel olarak doğru bir anlamaya sahip olmadıklarına ışık tutmaktadır. Yol farkı kavramına ait kendilerine anlatılmaya çalışılan bilgileri henüz işleyemeden kendilerini problemlerin çözümü aşamalarında bulan kontrol grubu öğrencilerinin kavramsal değişim süreçlerinde sorun yaşadıkları görülmektedir.

K2 öğrencisi ile yapılan görüşmeye dönüldüğünde “çift yarığa girişimde yol farkı hiçbir zaman sıfır olmuyor” gibi hatalı ifadeler kullandığı görülecektir. Kontrol grubu öğrencilerinde daha önce rastlanan sorunları K2 öğrencisi de yaşamaktadır. Bilgiyi işleme, yapılandırma ve transfer etme noktalarında eksikleri bulunmaktadır.

Son testte, kontrol grubu öğrencilerinin %15’i “Dalgalar birbirini sönmüleyemez ve bu bölgede çift yarığa göre daha kuvvetli ve büyük bir aydınlık

oluşur” şeklinde bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Deney grubu öğrencilerinden bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %24’ü “*Tek yarıқта ışık kaynağında w’de ışık kaynağı birbirini güçlendirirken saçak aralığı daha geniştir. Çift yarıқта ise iki kaynak gibi davranarak birbirini söndürür*” şeklinde, bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Ancak yine bu yanıt niteliksel açıdan istenilen ölçüde değildir.

Son testte kontrol grubu öğrencilerinin %5’i ışığın dalga modeli fikrini içeren ve bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermiştir. Deney grubunda ise bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte kontrol grubu öğrencilerinin %15’i olayları geometrik optikle açıklayan ve bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermiştir. Öğrencilere ait yanıtlar tabloda görülmektedir. Bu öğrenciler arasında kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır. Bu öğrencilerin sorunun yanıtını hatırlayamayınca, eski bilgilerini kullanarak yanıt verdikleri düşünülmektedir. Deney grubunda ise bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte, bilimsel olarak kabul edilemeyen ve çift yarıқта girişim desenini, iki tek yarıқта girişim deseninin üst üste gelmesi olarak açıklayan yanıt benimsenmemiştir. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinden bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte, deney ve kontrol grubu öğrencilerinden sezgisel yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Son teste genel olarak bakıldığında deney grubu öğrencilerinden bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Kontrol grubu öğrencilerin %20’si bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir.

Son testte, deney grubu ve kontrol grubundan birer öğrenci kodlanamaz yanıtlar vermiştir ve deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin ise %15'i soruyu yanıtızsız bırakmıştır.

5.2.3.3 Tartışma

Öğretim öncesi uygulanan ön testte deney ve kontrol grubunda bilimsel olarak doğru kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Ön testte deney grubu öğrencilerinin %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin ise %25'i bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir. Gerçekleştirilen öğretim öncesi görüşmeler, öğrencilerin ışığın dalga modeline dair zihinlerinde bir fikir olduğunu, ancak bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir.

Örneğin, K5 öğrencisi katılmış olduğu kurs ve kendi öğretmeninin yapmış olduğu öğretime binaen ışığın su dalgalarına benzetildiği fikrine sahiptir. Bu fikir bilimsel olarak doğrudur. Tepe – tepe bir araya gelince aydınlık, çukur – çukur bir araya gelince karanlık çizgilerin oluştuğunu belirtmiştir. Bilimsel olarak çukur – çukur üst üste geldiğinde de aydınlık oluşmaktadır. K5 bu konuda bir karmaşa yaşamaktadır. Bu karmaşanın, baş aşağı bir atmanın, baş yukarı bir atmanın olumsuzu gibi düşünülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. K5 ve bu karmaşanın görüldüğü diğer öğrencilerin çukur ile çukur girişimini, tepe ile tepe girişiminin tersi olarak algıladıkları, bu yüzden çukur ile çukur girişimi sonucunda karanlık oluşacağı fikrini savundukları düşünülmektedir. Bunun yanında K5 öğrencisi, girişim desenlerini ve bu desenlerin arasındaki farklılıkları açıklayamamıştır.

K1 öğrencisi yarıklardan birinin oluşturduğu merkezi aydınlığının bir kısmını, diğer yarığın gölgesinin kapatacağını böylelikle merkezi aydınlık saçığının çift yarığa ince olacağını söylemiştir. Araştırmacının kendisine sorduğu sorular ile bunun mümkün olamayacağını anlamış ve soruna bir çözüm bulamamıştır. Ayrıca kendi ifadelerinde kullandığı “faz farkı”, “girişim” kavramlarını da açıklayamamıştır.

Öğrencide ışığın dalga modeli fikri bulunmakla birlikte, öğrenci bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek bir kavramsal anlamaya sahip değildir.

Ön testte deney grubu öğrencilerinin %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin ise %20'si bilimsel olarak kabul edilemeyen ve "olayları geometrik optikle açıklayan yanıtlar" kategorisine uygun yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrenciler daha öncede açıklandığı gibi, yarıkların perdedeki aydınlıkları, yarıklar arasındaki kapalı bölgenin karanlıkları oluşturacağı fikrine sahiptirler.

Ön testte deney grubunun yaklaşık %10'u çift yarıқта girişim desenini, iki tek yarıқта girişim deseninin çakışması olarak açıklamıştır. Bu bilimsel olarak doğru kabul edilemez bir yanıttır. Bu yanıtlara Ambrose ve ark (1999) tarafından yapılan çalışmada da rastlanmaktadır.

Ambrose ve ark (1999) araştırmalarında üzerinde çalıştıkları gruba "yarıklardan biri kapatılırsa, çift yarıқта girişim deseni nasıl değişir" sorusunu yöneltmişlerdir. Önceden fizik optik dersi (ışığın dalga modeli) almış öğrencilerin yaklaşık %50'sinin doğru yanıt verdiği aktarılmıştır. Aynı gruptaki öğrencilerin %25'inin, her iki yarığında aynı deseni oluşturduğunu, iki yarık da açıkken iki desenin çakışacağı fikrini öne sürdükleri rapor edilmiştir. Öğrencilerin %20'sinin ise her bir yarığın girişim deseninin yarısını oluşturduğu fikrine sahip olduğu aktarılmıştır. Bu bakımdan deney grubu öğrencilerin verdiği yanıtlar, Ambrose ve ark (1999)'nın bulguları ile uyum içindedir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %19'u (4 Kişi), kontrol grubu öğrencilerinin %5'i (1 Kişi) soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Sonuçlar deney grubunun tam doğru yanıtlar bakımından kontrol grubunun önünde olduğunu göstermektedir.

Tam doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D1'e saçak parlaklıklarının; çift yarıқта aşağı yukarı aynı olmasının, tek yarıқта ise merkezden dışarıya doğru gidildikçe azalmasının sebebi sorulmuştur. D1, sözlerine D3 arkadaşının söylediklerini hatırlatarak başlamıştır. Bu durum yapılandırmacı

yaklaşımın benimsendiği deney grubunun bir üstünlüğü olarak ortaya çıkmaktadır. D1 öğrencisi sınıf içindeki bir tartışma ortamında arkadaşı D3'ün söylediklerinden etkilenmiştir. Öğretmenin mümkün olduğunca öğrenme ortamından çekilmesinin, öğrenci fikirlerini ortaya çıkararak tartışma ortamının oluşmasına olanak sağlamasının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

D1 öğrencisi tek ve çift yarıktaki saçak parlaklıkları bakımından farklılıkları açıkça vurgulayabilmiştir. Ayrıca tek yarıktaki girişim desenindeki merkezi aydınlık saçığın diğer saçaklara göre kalın olmasının nedenini de bilimsel olarak tam doğru yanıtlamıştır. Öğretim sonu gerçekleştirilen görüşme; öğrencinin konu ile ilgili bilimsel olarak kusursuz bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu göstermiştir. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinden kendisi ile görüşme yapılan D2 ve D5 öğrencilerinin de görüşlerinin bilimsel görüşe doğru değiştiği görülmüştür.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %19'u "Tek yarıktaki yol farkı $\frac{\lambda}{2}$ olduğunda da aydınlık olur. Bu yüzden tek yarıktaki ortada ki aydınlık saçak genişler" şeklinde bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Bu öğrencilerden D3 ve D4 ile yapılan görüşmeler, kendilerinin kavramsal anlama testinde nitelik bakımından zayıf yanıt verdiklerini ama görüşlerinin bilimsel olarak tam doğru olduğunu ortaya koymuştur.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %29'u, kontrol grubu öğrencilerinin %40'ı, "Tek yarıktaki iki kaynak birbirini sönmülemeyeceği için merkezi aydınlık saçakta saçak genişliği $2\Delta x$ olur ve oluşan aydınlık çizgi diğer çizgilere göre kalındır" şeklinde bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Bu yanıt öğretim aşamalarında öğrenciler tarafından öğrenilen doğru bir bilgidir ve öğretim sonunda öğrencilerin zihninde bir değişim yaşandığının bir kanıtıdır. Ancak bu yanıt neden sonuç ilişkileri bakımından istenilen nitelikte değildir. Deney grubunda bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır. Kontrol grubunda bu kategoride yanıt veren K1 öğrencisinde ışığın dalga modeli

fikri oluşmuştur. Ancak çift ve tek yarıktaki girişim desenleri arasındaki merkezi aydınlık saçağı bakımından farklılıkları açıklayamamıştır.

Aynı kategoride yanıt veren kontrol grubu öğrencisi K2, çift yarıktaki kaynakların birbirini sönmüleyebildiklerini, ancak tek yarıktaki sönmüleyemediklerini dolayısıyla tek yarıktaki merkezi aydınlık saçağı kalın olduğunu belirtmiştir. Bu söylemi, araştırmacıda bir kuşku uyandırmış ve kendisine “tek yarıktaki hiç mi sönmüleme olmuyor?” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Öğrencinin soruya verdiği yanıt “Eminim vardır biraz” şeklinde olmuştur. Kavramsal anlamaya testindeki, tek yarıktaki girişim deseni ile ilgili ilk soruda, yapıcı ve bozucu girişimi doğru bir şekilde açıklamasına rağmen, K2 öğrencisi bu bilgisini bu soruya (3.soru) transfer etme gücü yaşamaktadır. Bütüncül bir kavramsal anlamayı gerçekleştirememiştir. Ayrıca “yol farkı eşit olduğunda” gibi bir ifade kullanmıştır. Bu ifade K2'nin yol farkına dair doğru bir anlamaya sahip olmadığını göstermektedir.

Aynı kategoride yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden K4, Şekil 5.7'de görülen $|K_1P|$ ve $|K_2P|$ doğrularının farkının “yol farkı” olacağını belirtmesine rağmen, “yol farkı eşit olduğunda” gibi bir ifade kullanmıştır. Kendisine yol farkının nasıl eşit olacağı sorulunca, “bu doğrular eşit olunca yol farkı eşit olur” şeklinde yanıt vermiştir. Oysaki kendisinin yapmış olduğu yol farkı tanımına göre $|K_1P|$ ve $|K_2P|$ doğruları eşit olursa, yol farkı sıfır olacaktır. Bu sonuç K4'ün bilgilerinin zihin süzgecinden geçirmediğini göstermektedir.

K2 ve K4 ile yapılan görüşme diyalogları, kontrol grubu öğrencilerinin yol farkı kavramına ait bilimsel olarak doğru bir anlamaya sahip olmadıklarına ışık tutmaktadır. Yol farkı kavramına ait kendilerine anlatılmaya çalışılan bilgileri henüz işleyemeden kendilerini problemlerin çözümü aşamalarında bulan kontrol grubu öğrencilerinin kavramsal değişim süreçlerinde sorun yaşadıkları görülmektedir. Bu durum öğretimin planlanması bakımından önemli bir noktadır. Yol farkı kavramı üzerinde önemle durulmalıdır. Bu konuda öğrenci fikirlerine değer verilmeli, öğrencilerin yol farkı kavramına ait anlamaları ortaya çıkarılmalı, bu anlamaların bilimsel görüşle uyumlu hale getirmek amacı ile etkinlikler tasarlanmalıdır. Deney

grubu öğrencilerinde yol farkı ile ilgili yanlış anlamalara rastlanmamıştır. Deney grubu öğrencileri ile gerçekleştirilen öğretimde “ışığın su dalgalarına benzetilmesi” üzerinde oldukça durulması ve bu konuda yapılan tartışma öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırmıştır.

Görüşmeler, kısmi yanıt veren deney grubu öğrencilerinin aslında bilimsel olarak tam doğru düşündüklerini, kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinin ise ciddi kavram yanlışlarına sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır. Sayısal verilere dayanılarak, bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar bakımından deney grubunun (%90), kontrol grubuna (%60) göre önde olduğu görülmektedir. Ancak öğretim sonunda gerçekleştirilen görüşmeler, deney grubunun kontrol grubuna göre oldukça önde olduğunu ortaya çıkarmıştır.

5.2.4 Kavramsal Anlama Testindeki 4.Soruya Ait Bulgular

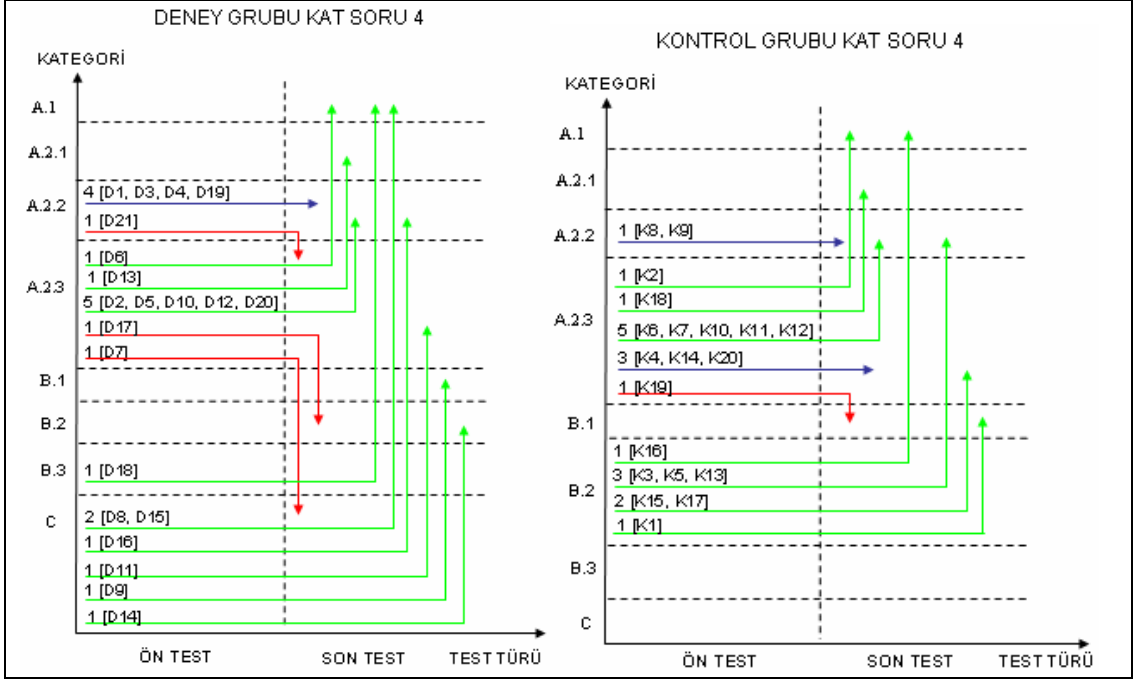
Kavramsal anlama testinin dördüncü sorusu daha öncede belirtildiği gibi öğrencilerin ışığın dalga modeli ile açıklanabilecek bir olay olan ışığın farklı saydam ortamlar arasındaki geçişlerinde yansıma ve kırılma özelliklerini bir arada göstermesi ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Verilerin Analizi bölümünde açıklandığı gibi öğrencilerin yanıtları kategorize edilmiş ve Tablo 5.6 oluşturulmuştur.

Tablo 5.6: Öğrencilerin 4. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları

	DENEY GRUBU		KONTROL GRUBU	
	Ön Test n (%)	Son test n (%)	Ön Test n (%)	Son Test n (%)
YANIT TÜRLERİ				
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar				
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt				
➤ Bu olay ışığın dalga özelliği göstermesi ile açıklanır. İnce yaydan, kalın yaya gelen atmanın hem iletilip hem yansıması gibi ışık da az yoğun ortamdaki çok yoğun ortama geldiğinde hem kırılır hem de yansır. Yansıyan ışınlar çocuğun görüntüsünü oluşturur.	0	4 (19,04)	0	2 (10,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar				
2.1. Işığın yansımasını, ışığın dalga özelliği ile açıklayan yanıtlar				
➤ “Işığın dalga gibi yansıması olayıdır. Kızın yüzüne çarpan ışık, camdan yansıyarak kızın gözü üzerine düşmektedir.	0	1 (4,76)	0	1 (5,00)

Tablo 5.6'nın devamı

<p>Çocuk böylece kendi yansımasını görür”</p> <p>➤ “Işığın su ve yay dalgalarındaki gibi yansıma yaptığının kanıtıdır. Dalga modeli ile açıklanır”</p>				
<p>2.2. Işığın, cam yüzeyinden hem kırılma hem yansıma yapması özelliğinin vurgulandığı yanıtlar</p> <p>➤ “Işığın hem kırılma hem de yansıma özelliğinden dolayı gelen ışınların bir kısmı yansyarak kendi görüntüsünü oluştururken bir kısmı kırılır ve dışındaki görüntüyü gösterir.</p>	5 (23,80)	10 (47,61)	2 (10,00)	10 (50,00)
<p>2.3. Işığın cam yüzeyinden yansıma yapması özelliğinin vurgulandığı yanıtlar</p> <p>➤ “Camda oluşan görüntü ışığın yansımaya dayanır. Cama çarpan ışık ışınları görüntü oluşturur ve gözümüze ulaşır”</p> <p>➤ “Cam ayna gibi davranarak ışığı yansıtıyor. Çocuğun kendi görüntüsünü görebilmesi için yansıma şarttır.</p>	9 (42,85)	2 (9,52)	11 (55)	5 (25,00)
Ara Toplam 1	14 (66,66)	17 (80,95)	13 (65,00)	18 (90,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				
1. Işığın Dalga Modeli Fikrini İçeren Yanıtlar				
<p>➤ “Cama gelen ışınların camdan geçemeyip, kırılanların tepe-tepe veya çukur-çukur olmasıdır”</p> <p>➤ “Işık kırınım, girişim ve yansıma yapar”</p>	0	1 (4,76)	0	2 (10,00)
2. Yansıma ve Tam yansıma Fikrini İçeren Yanıtlar				
<p>➤ “Işık camda kırılır, çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçemez ve tam yansıma yapar. Böylece çocuğun gözüne gelir ve görüntü oluşur”</p> <p>➤ “Işık ışınları havada yansıma yapmıştır”</p>	0	2 (9,52)	7 (35,00)	0
3. Sezgisel Yanıtlar				
<p>➤ “Baktığı yerin karanlık ve kendi bulunduğu yerin aydınlık olmasından dolayı”</p>	1 (4,76)	0	0	0
Ara Toplam 2	1 (4,76)	3 (14,28)	7 (35,00)	2 (10,00)
C. Yanıtsız	6 (28,57)	1 (4,76)	0	0
TOPLAM	21 (100)	21 (100)	20 (100)	20 (100)



Şekil 5.8: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 4.soruya ait fikirlerinin gelişimi

Kavramsal anlama testinin dördüncü sorusu, ışığın bir yüzeye geldiğinde hem yansıma yapması hem de kırılmaya uğraması ile ilgilidir. Öğrencilere; vitrindeki oyuncakları seyrederken kendi görüntüsünü camda gören bir çocuk örneği verilmiş ve bu olayı nasıl açıklayacakları sorulmuştur. Bu olay ancak ışığın dalga özelliği ile açıklanabilir. Geometrik optik öğretiminde (tanecik modeli) öğrencilere ışığın az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken normale yaklaşarak kırılacağı öğretilir. Ancak, ışığın az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken azda olsa yansıma yapacağı üzerinde durulmaz. Çünkü bu durum tanecik modeli ile açıklanamamaktadır.

Öğrencilerin ışık teorileri konusunu öğrenmeden önceki konuları “sarmal yayda dalgalar” ve “su dalgaları”dır. İnce yayda ilerleyen bir dalga (atma), kalın yaya geldiğinde dalganın bir kısmı geri yansırken bir kısmı iletilir. İşte bu olay, ışığın az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geldiğinde, hem yansıma hem de kırılma yapması olayına benzetilir. Işığın bu özelliği dalga karakteri gösterdiğinin bir kanıtıdır. Bu olay dalga modeli ile açıklanır.

Kavramsal anlama testindeki dördüncü soruya verilen yanıtların bilimsel olarak tam doğru kabul edilebilmesi için, ışığın dalga özelliğinin vurgulanması,

ışığın hem kırılıp hem de yansıma yaptığının vurgulanması şart kabul edilmiştir. Bu öğelerin bir kısmının söylendiği yanıtlar da bilimsel olarak kısmen doğru kategorisine alınmıştır.

5.2.4.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön teste bakıldığında, deney ve kontrol gruplarında soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmadığı görülmektedir.

Bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar bölümüne bakıldığında üç alt kategori görülmektedir. Soruya verilen yanıtlar bu üç kategoriyi zorunlu kılmıştır. Özellikle ön testte öğrenciler; genellikle (deney grubunun %43'ü, kontrol grubunun %55'i) olayı “yansıma” ile açıklamışlardır. Böyle bir açıklama bilimsel olarak yanlış değil ancak eksiktir. Özellikle “hem yansıma hem de kırılma özelliğinin” ve “ışığın dalga özelliğinin” vurgulanması daha doğrudur. Araştırmanın amacı doğrultusunda, bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar altındaki bu üç kategori doğruluk derecesi bakımından tabloda görüldüğü gibi sıralanmıştır. Araştırma amacı bakımından dalga özelliğinin vurgulanması öncelikle istenen ve önem arz eden bir yanittir. Bu yüzden ilk kategori “dalga özelliğinin vurgulandığı yanıtlar” şeklinde belirlenmiştir.

Ön testte deney ve kontrol grubu öğrencileri, ışığın dalga özelliğini vurgulayan ve kısmen doğru kabul edilebilecek yanıt vermemişlerdir. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin bu durumun ışığın dalga özelliğinden kaynaklandığı bilgisine sahip olmadıkları görülmektedir.

Ön testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %24'ünün, kontrol grubu öğrencilerinin ise %10'unun ışığın cam yüzeyinde hem yansıma hem de kırılmaya uğrayacağı fikrini içeren ve bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilen yanıtlar verdikleri görülmektedir. Bu kategoriye uygun yanıt veren öğrencilerden görüşme yapılanlara ait bazı diyaloglar aşağıda verilmiştir.

Araştırmacı: Diğer sorumuzda bir çocuk vardı vitrinde oyuncakları seyrederken kendi görüntüsünü görüyordu. Bunu nasıl açıklarsınız demiştik. “Işığın hem kırılma hem de yansıma olayından dolayı gelen ışınların bir kısmı yansyarak kendi görüntüsünü oluştururken bir kısmı da kırılır ve dışarıdaki görüntüyü gösterir” demişsiniz. Şimdi burada optik bilgilerimize dönersek optik de demiştik ki; az yoğunundan çok yoğununa girerken ışık normale yaklaşarak kırılır ve ışık ışınlarının tümü yoğun ortama geçer. Yani azdan çoğa ışık her zaman geçer. Ama çoktan aza ışık her zaman geçemez. Ya ortamları ayıran yüzeyi süpürür ya normalden uzaklaşarak dışarı çıkar ya da tam yansıma yapar. Peki; burada çocuktan çıkıp cama gidip yansıyan ışık nasıl olabilir? Düşünsenize az yoğunundan çok yoğununa gelmiyor mu?

D1: Orda şey gibi ne bileyim gelen ışınların bir kısmı kırılmış diye düşündüm. Ben dışarısını görebilmek için bir kısmı da tam gelme açısıyla ya da yansıma açısı mı denir sınır açısıyla gelmiş onlar da dolayısıyla geriye dönmüştür.

Araştırmacı: Ama azdan çoğa gelirken sınır açısı diye bir şey yoktu.

D1: Onu bulamadım. Dışardan gelen ışınlar gibi mi düşündüm acaba? Belkide camın içinden dışarı çıkışta bu yansıma oluyor olabilir. Evet o zaman çok yoğunundan az yoğununa gelmiş olur ve tam yansıma yapar.

Araştırmacı: Tam yansıma için ne gerekli D1?

D1: İşte, geliş açısının yani gelme açısının sınır açısından büyük olması gerekir.

Araştırmacı: Size şöyle bir bilgi vereyim camdan havaya geçişte sınır açısı yaklaşık 42 derecedir. Sizce çocuktan çıkıp neredeyse cama dik gelen ışınlar yüzeyin normali ile bu kadar büyük bir açı yapabilirler mi?

D1: Kesinlikle haklısınız hocam. Zaten bu olay benim dediğim gibi açıklansa buraya koymazdınız bence. Başka bir şey var burada ama ben bilemiyorum bunu. Başka ne olabilir...Bilemiyorum.

Görüşmeye bakılırsa, araştırmacının bazı durumlarda bilgi verdiği görülmektedir. Bu bilgiler geometrik optik bilgileridir. Dolayısıyla araştırmacının odaklandığı noktadan uzaktır. Zaman tasarrufu sağlayacağı düşüncesiyle optik bilgileri öğrencilere hatırlatılmıştır.

D1 öğrencisi, başlangıçta ışığın hem kırılıp hem yansıtacağı düşüncesindedir. Kendisine optik bilgileri hatırlatıldığında karmaşa yaşamıştır. Önce optik kurallarına göre ışığın camdan yansıyamayacağını anlamış, bunun üzerine ışığın camdan havaya çıkarken (çok yoğun ortamdan az yoğun ortama) tam yansıma yapabileceğini söylemiştir. Araştırmacının soruları ile bunun da mümkün olamayacağını anlamış ve soruyu yanıtı bırakmıştır. D1 öğrencisi bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiş olsa da yapılan görüşme, kendisinin ışığın hem yansıyıp hem de kırılması olayına ait doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını göstermiştir.

D3: Işın cama giriyor camdan tekrar çıkamıyor olabilir. O şekilde ben düşündüm mesela. Çünkü yüzden sürekli ışınlar yüze geliyor yüzden yansıyor, bizim gözümüze geri gelmesi lazım geçen ışınlar yine geçiyor, karşıdan bakan bizi görüyor, ama mesela yüzümüzden çıkan bazı ışınlar tam sınır açısından daha düşük açı ile geliyor ve onlar yansıyor.

Araştırmacı: Düşük açıyla gelenler mi yansıyor?

D3: Sınır açısından düşükler geçiyor, büyükler yansıyor.

Araştırmacı: Çok küçük açılar yok mu zaten burada? Düşünsenize bakıyorsunuz ve görüntünüzü görüyorsunuz. Sizden çıkan ışınlar zaten normal ile çok çok küçük açılar yaparak geliyor. Tam yansıma olanaksız gibi sanki.

D3: O zaman farklı bir olay benim düşündüğüm o şekilde sanki yani camdan havaya çıkarken sonuçta bir sınır açısı var dedim bu sınır açısından daha dik gelenler işte geçemeyecek durumda geçenler geri yansıtacaktır camdan bunu da biz gördüğümüz zaman kendi görüntümüz camda oluşmuş olacak.

D1 öğrencisinde gözüken tablonun aynısı D3 öğrencisinde de görülmektedir. D3 öğrencisi de ışığın hem kırıldığı hem de yansıdığı fikrine sahiptir. Ancak bununla ilgili bilimsel olarak kabul edilebilecek bir kavramsal anlamaya sahip değildir. Öğrenciler testte kısmi yanıt vermelerine rağmen, yapılan görüşmeler öğrencilerin aslında bilimsel olarak kabul edilemeyen fikirlere sahip olduğunu göstermiştir.

Öğrenciler ışığın yansıdığından emin gözükmektedirler. Camın arkasındaki nesnelere (soruda geçen oyuncaklar) görüldüğü için kırılmanın da olması gerektiğini

düşünmekte ancak var olan optik bilgileri ile bunu açıklayamamaktadırlar. Kendi öğretmenleri tarafından önceden yapılmış öğretimde bu konuya değinilmediği görülmektedir. Öğrenci defterlerinin incelenmesinde ortaya çıkan sonuç bunu desteklemektedir. Öğrenciler, “ışık, az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken normale yaklaşarak kırılır” fikrini benimsemişler ancak kendi öğretmenleri ince zarda girişim konusunu anlatırken; “ışık zar yüzeyine gelir, hem yansır hem kırılır” dediğinde bunun benimsedikleri düşünceyle ters düştüğünün farkına bile varmamışlardır. Öğrenciler bu çelişkinin farkına ilk defa görüşmelerde varmışlardır.

Ön teste bakıldığında deney grubu öğrencilerinin %43’ü, kontrol grubu öğrencilerinin ise %55’i bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilecek ve sadece “yansıma” fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait bazı diyaloglar aşağıda verilmiştir.

Araştırmacı: “Oluşan bu görüntü ışığın yansımaya dayanır” demişsiniz. Cama çarpan ışık ışınları görüntü oluşturur ve gözümüze ulaşır”. D2 burada optik bilgilerimize geri dönelim. demiştik ki; biz az yoğunundan çok yoğununa ışın normale yaklaşarak kırılır ve ışın her zaman geçer. Çoktan aza ise ışın her zaman geçemez demiştik. Ya ayırma yüzeyini süpürür, ya normalden uzaklaştırarak kırılır ya da tam yansır.

D2: Evet.

Araştırmacı: Şimdi ışığın tam yansıma yapması ancak çoktan aza geçişte gerçekleşebilir. Ama burada çocuktan çıkan ışınlar azdan çoğa geliyor. Işınları geçip gitmesi lazım değil mi? Neden görüntü oluşuyor?

D2: Camda o zaman şöyle olabilir. Çoktan aza gidiyor ama o ışık bize yansıdığı zaman, o zaman çoktan aza gelmiş olmaz mı zaten?

Araştırmacı: Şimdi şöyle düşünün...

D2: Havadan cama azdan çoğa oluyor.

Araştırmacı: Evet. Nasıl tam yansıma olur o zaman?

D2: Bir yansıma olması lazım ama. Görüntü oluştuğuna göre.

Araştırmacı: Görüntü olması için illaki yansıma şart mı?

D2: Yansıma olması gerekli gibi geliyor ama belki buradaki olay o az önceki ışığın kırınımı olaylarına dayanıyor olabilir.

Araştırmacı: Toparlayabilir miyiz?

D2: Yansıma olamayacağına göre yansıma yoktur.

Araştırmacı: Peki görüntü nasıl oluşuyor.

D2: Bilemiyorum.

D2 öğrencisinde, D1 ve D3 öğrencilerinden farklı olarak “yalnız yansıma fikri” benimsenmiştir. Araştırmacı, D1 ve D3 öğrencileri ile yaptığı gibi D2 öğrencisine de geometrik optik kurallarını hatırlatmıştır. D2 öğrencisi, bunun sonucunda bir karmaşa yaşamış ve en sonunda “yansıma yoktur” diyebilmiştir. Daha önce ışık teorileri konusunun öğretim aşamalarında (kendi öğretmenleri tarafından yapılan öğretimde) bulunmuş bir öğrenci için “yansıma yoktur” cümlesi hayli şaşırtıcıdır. Çünkü “hava kaması”, “ince zarda girişim” gibi konuların öğrenilebilmesi için “ışığın hem yansıması hem de kırılması” fikrinin öğrencide oluşması şarttır.

Araştırmacı: “Işık ışınları camda yansıyıp tekrar çocuğun gözüne gelerek çocuğun gözündeki görüntü oluşturur. Işık ışınları camın arkasındaki cisimden kırılıp yansısaydı çocuk oyuncakları görebilirdi” şeklinde yanıt vermişsiniz. Optik konusuna geri dönmek istiyorum. Işık az yoğunluktan çok yoğunluğa kırılarak geçerdi. Ancak çok yoğunluktan az yoğunluğa ise üç ihtimal vardı. Ya normalden uzaklaşarak dışarı çıkar ya tam yansır ya da ayırma yüzeyini süpürerek yola devam ederdi. Yansıma ancak çoktan aza doğru geçildiğinde gerçekleşirdi. Peki burada nasıl oluyor da havadan cama gelen ışık yansıyor?

K2: Camın arkasına geçemedi ışık eğer geçebilseydi zaten cisimlerin üzerinden çocuğun gözüne gelirdi ve cisimlerin görüntüsü oluşurdu. Işık cisimlerin arkasından geçmiyor herhalde.

Araştırmacı: Peki bir vitrine baktığınız zaman kendi görüntünüzü görüyorsunuz değil mi? Peki arkadaki cisimleri görmüyor musunuz?

K2: Onları da görüyoruz. Ben denedim az önce cama baktım cam kapalıyken arkadakileri gördüm fakat camı açtığım zaman kendime baktım camda hem duvarı hem kendimi gördüm camda. Onu da şöyle açıkladım. İki ortamın arasındaki ışık farkından yani karanlık aydınlık olma durumundan dolayı.

Araştırmacı: Biraz daha açabilir misiniz?

K2: Az önce denedim ben, camın arkası karanlık olunca daha iyi gördüm kendimi.

Araştırmacı: Camın arkası aydınlıkken kendinizi görmediniz mi?

K2: Gördüm de daha az net gördüm.

Araştırmacı: Demiştiniz ki; “ışık camın arkasına geçmedi geçseydi cisimlerin görüntüsünü görürdü”. Daha sonrada diyorsunuz ki; “cama baktım hem kendimi hem duvarı gördüm”. Burada bir çelişki yok mu?

K2: Evet...O zaman biraz kırılma olurken biraz da yansıma oluyor her halde.

Araştırmacı: Havadan cama nasıl yansıma oluyor? Azdan çoğa az önce konuşmuştuk.

K2: Onu bilemiyorum. Ama bu ana kadar öğrendiklerime göre, bir yansıma olmalı ki görüntü oluşsun.

Işığın cam yüzeyinden yansıtacağı düşüncesiyle yanıt veren K2, araştırmacı ile görüşmesinden önce durumu denemiş ve kendince bir yanıt bulmuştur. K2 öğrencisi söylediklerinde haklıdır. Ancak söyledikleri, K2 öğrencisinin hem camın arkasındakileri görmesi hem de kendisini görmesi olayını açıklamamaktadır. K2 öğrencisine optik kuralları hatırlatılmış, o da diğer arkadaşları gibi “ışığın az yoğunundan çok yoğununa geldiğinde yansıma yapması” olayını açıklayamamıştır. Ancak kendinden emin bir şekilde, görüntü oluşması için yansımanın gerekli olduğunu söylemiştir.

Sonuç olarak; ön testte, deney grubu öğrencilerinin %67’si, kontrol grubu öğrencilerinin ise %65’i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir.

Ön testte, deney ve kontrol grubu öğrencileri bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermemişlerdir. Kontrol grubu öğrencilerinin %35’i tam yansıma ve yansıma fikrini içeren ve bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Bu yanıtlar tabloda da görülebileceği gibi “ışık camdan havaya çıkarken tam yansıma yapar”, “ışık ışınları havada yansımaya uğramıştır” şeklindedir. Deney grubunda ise bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Deney grubu öğrencilerinin %5’i sezgisel yanıt verirken, kontrol grubunda ise sezgisel yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Toplama bakılırsa

deney grubu öğrencilerinin %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin ise %35'i bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir.

Ön testte, kodlanamayan yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Yine ön testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %29'u soruyu yanıtsız bırakmıştır. Kontrol grubunda ise soruyu yanıtsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

5.2.4.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %20'si, kontrol grubu öğrencilerinin ise %10'u soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Bu öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıdaki gibidir.

D6: Yay dalgalarında dalgaların ortam değiştirdikten sonra hem yansıyor hem yoluna devam ettiğini öğrenmiştik. Işık da tıpkı yay dalgalarındaki gibi az yoğunluktan çok yoğunluğa geçtiğinde, yani havadan cama geçtiğinde bir kısmı kırılıp yoluna devam ederken bir kısmı ise yansır. Yansıyan bazı ışınlar tıpkı ayna gibi camda bir görüntü oluşmasına neden olur.

D8: Bu olay ışığın dalga modelini kanıtlayan bir olaydır. Işık tıpkı yay dalgalarında olduğu gibi yansır. Görüntü oluşur.

D15: Işık da aynı yay dalgalarında olduğu gibi havadan cama geçtiğinde bir kısmı geçip giderken bir kısmı yansır. Yansıyan ışınlar aynı ayna gibi camda cismin görüntüsünü oluştururlar.

D18: Işığın dalga gibi davranması olayıdır. Çocuğun yüzüne çarpan ışık ışınları camda yansır. Böylece çocuk kendini camda görür.

K2: Yansıma olmak zorundadır. Az yoğunluktan çok yoğunluğa geçtiğinde de yansıma yapar. Dalga hafif yaydan ağır yaya gelirken bir miktarı iletilirken bir miktarı yansır. Işıkların az yoğunluktan çok yoğunluğa geçtiği halde yansıma yapması tanecik

modelinin bir eksikliğidir. Bunu dalga modeli tamamlar. (Kendisi ile yapılan görüşmede, soruya vermiş olduğu yanıtı eklemek istediği bir nokta olup olmadığı sorulmuştur. K2 öğrencisi kendinden emin bir ifade ile “eklemek istediğim bir şey yok gayette güzel yazmışım” demiştir.)

K16: Işık aynı yay dalgası gibi davranır. Az yoğunluktan çok yoğunluğa gelirken bile yansır. Camdan yansıma olur. Çocuğa gelen ışınlar, çocuğun kendisini görmesini sağlar.

Öğrencilerin yanıtları kusursuz olarak değerlendirilebilir. Burada deney grubundaki bilimsel olarak tam doğru yanıtların sayısının kontrol grubuna göre fazla olduğuna dikkat edilmelidir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin yine %5'i bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilen ve ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu yanıtlar aşağıda verilmiştir.

D13: Işığın dalga gibi yayılması olayıdır. Kızın yüzüne çarpan ışık camdan yansıyarak kızın gözü (perde) üzerinde düşmektedir. Çocuk böylece kendi yansımalarını görür.

K18: Işığın su ve yay dalgalarındaki gibi yansıma yaptığıının kanıtıdır. Dalga modeli ile açıklanır.

D13 öğrencisinin verdiği yanıt eksiksiz gibi gözükse de ışığın “hem yansıma hem de kırılma” özelliğinden söz etmediğinden bilimsel olarak kısmen doğru kategorisine alınmıştır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %48'i, kontrol grubu öğrencilerin ise %50'si bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilen ve ışığın hem yansıma hem kırılma özelliğini vurgulayan yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aşağıda verilmiştir.

Araştırmacı: Bir çocuk vardı. Vitrindeki oyuncakları seyrediyordu. Bir aynaya bakmamasına rağmen kendi görüntüsünü camda görebiliyordu. Bu olayı nasıl açıklarsınız diye sormuştuk? İlk teste baktığımızda “ışığın hem kırılma hem de yansıma özelliğinden dolayı gelen ışınların bir kısmı yansıtılarak kendi görüntüsünü oluştururken bir kısmı kırılır ve dışarıdaki görüntüyü gösterir” şeklinde bir yanıt vermişsiniz. İkinci teste baktığımızda “çünkü ışınların bir kısmı yansırken bir kısmı da kırılarak geçer dolayısıyla çocuk hem kendi görüntüsünü hem de dışarıdaki görüntüyü görebilir” şeklinde bir yanıt görüyorum. Şimdi nasıl oluyor bu hem yansıma hem kırılma?

D1: Şimdi mesela ince zarda da aynı şey oluyor mesela ışın geliyor biraz içeri giriyor yani zara, biraz da yansıyor. Bu ışığın dalga modeli ile ilgili bir durum aslında. Işık sizde söylemişsiniz yay dalgası gibi hem yansıma hem de kırılma özelliğine sahip. Geliyor hem yansıyor hem de kırılıyor.

Araştırmacı: İlk testte sizle bir tartışmamız olmuştu hatırlıyor musunuz?

D1: Evet.

Araştırmacı: Optik konusuna dönmüştük ve orada azdan çoğa yansımanın olamayacağı söylemiştik. Sizde katılmıştınız. İşin içinden çıkamamıştık. Şu an ne düşünüyorsunuz?

D1: Orada da aslında hem yansıma varmış hem de kırılma varmış ancak bizler bunu atlıyormuşuz. Azdan çoğa da ışık geldiğinde hem yansır hem de kırılma olur.

Araştırmacı: Ekleme istediğin başka bir şey var mı D1?

D1: Yok yani.

D1 öğrencisi, kavramsal anlama testindeki dördüncü soruya, son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermesine karşılık, görüşmedeki yanıtı kusursuzdur. Kendisi ışığın hem yansıma hem de kırılma özelliğinin dalga karakterli olmasından kaynaklandığını bilmektedir. D1 ilk görüşmede karşılaştığı güçlüğün üstesinden gelmiş, bilgilerini zihin süzgecinden geçirmiş ve yapılandırmıştır.

Araştırmacı: Diğer bir soruda bir çocuğumuz vitrin camına bakıyordu ve kendini camda görüyordu. İlk testte “cam havadan daha yoğun bir ortam olduğu için ışığın bir kısmı kırılarak camdan geçer bir kısmı yansır” demiştiniz. Sizinle yaptığımız görüşmede bu söylediğinizin optik kurallarına uymadığını söylemiştik. Çünkü azdan

çoğa geçerken ışık yansımazdı. Peki burada nasıl oldu demiştim. İkinci testteki yanıtı bakalım. “Çocuk az yoğun ortamdan çok yoğun ortama bakıyor normalde az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçen ışınların normale yaklaşarak geçtiğini kabul ederiz fakat bazı ışınlar aslında camdan yansır. Bu nedenle çocuk kendini camda görür.” demişsiniz. Burada tam olarak ne demek istediniz? Biraz daha açıklayabilir misiniz?

D4: Yani ışığın az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken sadece normale yaklaşarak kırılmadığını birde bazılarının yansıdığını görüyoruz.

Araştırmacı: Buna benzer başka bir örnek verebilir misiniz?

D4: Bir dereye, suda mesela denizde mesela dereye eğilip diyelim bir balık var ona bakarken suda kendi görüntümü de gördüm.

Araştırmacı: Buradaki ile aynı olaydı diyorsunuz öyle mi?

D4: Evet öyle.

Araştırmacı: Peki bu olayı nasıl açıklarsınız?

D4: Işık mesela havadan suya geliyor. Kırılıyor. Bir miktarı da yansıyor. Kırılması sayesinde balığı görebiliyoruz. Yansımasıyla kendimizi görüyoruz. Bu olay yay dalgalarında da oluyordu. Durumu işte yay dalgalarına benzettik. İnce yaydan, ağır yaya gelen atmanın hem yansıması hem de yoluna devam etmesi gibi. Aynı şey. Işık içinde.

D4 öğrencisi de kavramsal anlama testindeki dördüncü soruya bilimsel olarak kısmen doğru ve ışığın hem yansıma hem de kırılma yapması fikrini içeren yanıt vermiştir. Ancak görüşmeye bakılırsa soruya ait fikirleri bilimsel olarak tam doğrudur. Hem D1 hem de D4 öğrencisinde görüldüğü üzere; kavramsal anlama testinde öğrenciler ışığın dalga karakterini vurgulamayarak soruya kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Ancak görüşmeler bu öğrencilerin ışığın hem yansıma hem de kırılma özelliği göstermesinin onun dalga karakteri gösterdiğinin bir kanıtı olduğu düşüncesinde olduklarını ortaya koymuştur. Aslında öğrencilerin soruya verdikleri yanıtlar bilimsel olarak tam doğrudur.

Araştırmacı: Ön testte “ışık ışınları havada kırılmaya uğruyor ve çocuk kendisini camda görüyor” şeklinde yanıt vermişsiniz. İlk görüşmemizde ışınlar havada kırılmaya uğrar mı diye sormuştum size ve optik kurallarını hatırlamıştık. Son testte

baktığımızda “çocuğun gözüne gelen ışınlar camdan yansır, camdan yansıyan ve kırılan ışınlar çocuğun kendi görüntüsünü görmesine sebep olur. Şimdi burada diyorsunuz ki; ışınlar camdan hem yansır hem de kırılır. Bu nasıl oluyor?

K3: Ya az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken normale yaklaşıyordu. Yaylarda gördüğümüzde sabit uçta mesela bir yansıyan vardı bir iletilen vardı. Yine oradaki gibi düşünersek; bir kırılan var bir de yansıyan var.

Araştırmacı: Burada yansıyan ve kırılan ışınlar birlikte mi görüntü oluşturuyorlar?

K3: Yansıyan ve kırılan ve sonra tekrar yansıyanlar oluşturuyor. Yani kırılan başka yere yansıyan başka yere gidiyor. Ama sonra kırılanlar tekrar yansıyor.

Araştırmacı: Peki bu olay bize neyi gösteriyor?

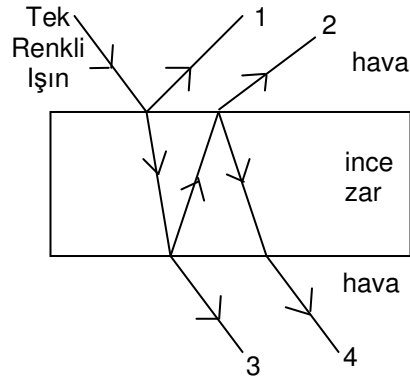
K3: Girişim olayı mı... Olabilir.

Araştırmacı: Burada çocuğun görüntüsü girişimden dolayı mı oluşuyor?

K3: Işınların yine girişiminden dolayı kırılmasından, yansımından onların girişiminden dolayı.

Kontrol grubu öğrencilerinden K3 de ışığın camdan hem yansıyor hem de kırılacağı fikrinin içeren ve kısmen doğru yanıt vermiştir. Kendisi ile yapılan görüşmede K3, önce vitrindeki çocuğun kendisini görmesini ışığın dalga karakteri göstermesine dayandırmıştır. Ancak görüşmenin sonlarında gerçek ortaya çıkmıştır. K3 öğrencisi kendi görüntüsünün, yansıyan, kırılan ve sonra tekrar yansıyan ışınların girişimi ile olduğunu düşünmektedir.

Bu durum için kısaca bir bilgi vermek gerekmektedir. Işığın bir yüzeye geldiğinde hem yansıyor hem de kırılacağı özelliğinin öğretimi yapıldıktan sonra öğretilen konu “ince zarda girişim” konusudur. Kalınlığı sıfırdan başlayarak artan bir ince zar üzerinde tek renkli ışık düşürüldüğünde zar üzerinde aydınlık – karanlık saçaklar meydana gelir. Bu aydınlık – karanlık saçakların bilimsel olarak açıklanması, Şekil 5.9’da görülen 1 – 2 ışınlarının kendi aralarında, 3 – 4 ışınlarının kendi aralarında girişim yapması ile açıklanır. Örneğin 1 ve 2 ışınları birbirini kuvvetlendirince zarın yüzeyi aydınlık, 1 ve 2 ışınları birbirini sönmülse zar yüzeyi karanlık görülür.



Şekil 5.9: İnce zar üzerine düşürülen ışının izlediği yol

K3 öğrencisi, çocuğun vitrinde kendisini görme olayını 1 ve 2 ışınlarının girişimi ile olacağını söylemiştir. Oysa, çocuğun vitrinde kendini görme sebebi ışığın dalga gibi davranarak cam yüzeyinden hem yansıma hem de kırılma yapmasıdır. K3 öğrencisi kavramsal anlama testindeki dördüncü soruya kısmen doğru yanıt verse de kendisinde bu durumla ilgili bir kavram yanılması olduğu görüşme ile ortaya konmuştur. Öğrenci öğrendiklerini zihin süzgecinden geçirme fırsatını bulamamış gözükmektedir. Kuşkusuz buna en büyük neden paylaşımsız ve otoriter iletişimdir. Çocuğun vitrin camında kendini görmesi ile ilgili örnekler (su birikintisinde kendimizi görmemiz, denizin mavi görülmesi v.b), hem deney grubunda hem de kontrol grubunda vurgulanmıştır. Ancak görülüyor ki; kontrol grubundaki öğrenciler etkileşimin olmadığı bir ortamda öğrendiklerini işleme, neden sonuç ilişkilerini kurma gibi noktalarda eksik kalmışlardır. Bu nedenle bu öğrencilerde hemen kavram yanılmaları oluşabilmiştir. Yukarıdaki örnek bunun en güzel kanıtıdır.

Araştırmacı: İlk teste baktığımızda “ışık ışınları havada yansımaya uğramıştır ve çocuk kendi görüntüsünü camda görmüş ve şaşırmıştır” şeklinde bir cevabınız olmuştu. Bu konu ile ilgili bir tartışma yapmıştık sizinle hatırlıyor musunuz?

K5: Evet hatırlıyorum. Havadan ışın nasıl yansır diye sormuştunuz. Aynı zamanda ışının az yoğunundan geldiğinde çok yoğun ortama yansıyamayacağını söylemişsiniz.

Araştırmacı: Yansıyamayacağını söylemedim. Sadece geometrik optik kurallarınca sana yansımanın sadece çok yoğunundan az yoğununa olabileceğini hatırlatmıştım.

K5: Sonra biz bunu derste gördük. Işık çoktan aza da yansır, azdan çoğa da. Bu ışığın dalga modeli ilgili bir şey. Işık burada yaydaki dalgalar gibi davranır. Hem camın içine girer hem yansır.

Araştırmacı: İkinci teste baktığımda “ışık ışınları camda hem kırılıp hem de bir miktar yansıdığı için çocuk kendini görebiliyor” şeklinde bir cevap vermişsiniz. Ekleme istediğiniz bir şey var mı bütün bu söylediklerinize?

K5: Dediğim gibi bu ışığın dalga modeli ile ilgili bir olay. Kendi görüntümüzü camda görmemiz ışığın camdan yansması ile ilgilidir. Işık hem yansır hem kırılır.

K5 öğrencisinin diyaloglarına bakıldığında ise fikirlerinin bilimsel görüşe doğru değiştiği görülmektedir. K5 kontrol grubu öğrencisi olmasına rağmen son derece doğru bir kavramsal anlamaya sahiptir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %10'u, kontrol grubu öğrencilerinin ise %25'i soruya, bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilecek ve yalnızca yansıma fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir. Yansıma fikrini içeren yanıtlar kısmen doğru kabul edilmekle birlikte, daha öncede açıklandığı gibi doğruluk derecesi en az kabul edilen kategoridir. Öğretim sonrasında, deney grubu öğrencilerinin bu kategoride verdiği yanıtlar yaklaşık dörtte birine inerek %10 olmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin, ön testte %55'i, son testte ise %25'i bu kategoride yanıt vermiştir. Kontrol grubu öğrencileri yalnızca yansıma fikrinde büyük bir çoğunlukla (%25) ısrarlı gözükmektedir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %81'i (17 kişi), kontrol grubu öğrencilerinin ise %90'ı bilimsel olarak kabul edilebilen yanıtlar vermiştir. Kontrol grubunun sayısal veriler bakımından önde çıkmasının konunun özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Konu günlük hayattan örnekler içerdiği için kontrol grubu öğrencileri de konuya motive olabilmişlerdir. Ancak deney grubu öğrencilerinin bilimsel olarak tam doğru yanıtlarının, kontrol grubu öğrencilerinininkinden fazla olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan deney grubu öğrencilerinin de aslında bilimsel olarak tam doğru düşündüklerine dikkat

edilmelidir. Kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinin bazılarında kavram yanılgılarının ortaya çıktığı unutulmamalıdır.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin ise %10'u bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermiştir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin yanıtları aşağıda verilmiştir.

D9: Cama gelen ışınların camdan geçemeyip, kırılanların tepe-tepe veya çukur-çukur olmasıdır

K1: Işık kırınım, girişim ve yansıma yapar.

K19: Yansıma, girişim, kırınım.

K1 öğrencisi ile yapılan görüşme aşağıda verilmiştir.

Araştırmacı: Bir çocuğumuz vardı. Vitrindeki oyuncakları seyrediyordu. Bir bakıyordu kendi görüntüsü camda görülüyor. Bunu nasıl açıklarsınız diye sormuştuk. İlk testte “ışınlar havada kırılmaya uğramış ve çocuk kendi görüntüsünü görmüştür” şeklinde yanıtlamıştınız.

K1: Evet.

Araştırmacı: Bu fikirleri hala savunuyor musunuz?

K1: Havada kırılma zaten çok saçma oldu. Ama yansıma doğru.

Araştırmacı: İlk görüşmemizde, konu ile ilgili bir konuşma geçmişti aramızda hatırlıyor musunuz?

K1: Hayır hatırlayamadım.

Araştırmacı: Hani ben ışık azdan çoğa nasıl yansır demiştim, normalde optik kurallarına göre ışığın azdan çoğa tümüyle geçmesi gerekir demiştim.

K1: ah. Evet. Ama mesela işte denizin mavi gözükmesi gibi örnekler verdik. Işık... Işık azdan çoğa gelirken de yansıma yapıyormuş.

Araştırmacı: Azdan çoğa da yansıma yaptığını neye dayanarak söylüyorsunuz?

K1: İşte denizin mavi gözükmesi gibi yine göle baktığımızda kendimizi görmemiz gibi olaylarda ışığın yansıması söz konusuydu. Yansıma yapıyordu yani ışık öyleydi.

Araştırmacı: Peki ikinci teste baktığımızda “ışık girişim ve yansıma yapar” demişsiniz. Burada ne demek istediniz?

K1: Işığın girişim yapma özelliği vardı. Burada ışık camdan yansıma yapıyor. Ve çocuk kendi görüntüsünü görüyor.

Araştırmacı: Girişimin buradaki payı nedir?

K1: Girişimin burada etkisi... Bilemiyorum.

Araştırmacı: Yazmışsınız ama. Bunu yazarken ne düşündünüz?

K1: Yazarken ne düşündüğümü de hatırlamıyorum ama girişimin etkisi yok galiba? Ama emin değilim.

Araştırmacı: Toparlayabilir misiniz?

K1: Burada ışık camdan yansıyor, aynı denizi mavi görmemiz gibi falan burada ışık azda olsa yansıyarak görüntü oluşturuyor. Çocuk bu görüntüyü görüyor. Işık yansıyor yani.

Araştırmacı: Son olarak girişimin bu olayda etkisi var mı?

K1: Bundan emin değilim. Bilemeyeceğim.

K1 öğrencisinde az önce yine bir kontrol grubu öğrencisi olan K3 öğrencisinde karşımıza çıkan durum söz konusudur. K1 yansımanın olacağını kesin bir dille söyleyebilmekte, ancak testte yanıt olarak yazdığı girişimi olayın neresine koyacağını bilememektedir. Aynen K3 öğrencisi gibi ince zarda girişim konusu ile ilgili düşünceleri ile mevcut durum arasında bir karışıklık yaşamakta olduğu görülmektedir. Öğrenciye testteki soruya verdiği yanıtta neden “girişim” ifadesini kullandığı sorulduğunda, öğrenci neden girişim yazdığını hatırlamadığını söylemiştir. Aradan kısa bir zaman geçmesine rağmen testte verdiği yanıtta ait düşüncelerini hatırlayamaması yine öğrencinin bilgiyi sorgulamadığını ve neden - sonuç temeli üzerine kurmadığını göstermektedir. Bu durum kontrol grubunun bir eksiği olarak daha önceden de olduğu gibi karşımıza çıkmaktadır.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %10'u (2 Kişi), bilimsel olarak kabul edilemeyen ve yansıma, tam yansıma fikirlerini içeren yanıtlar vermiştir. Kontrol grubunda ise bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

D14: Işığın camda kırılır, çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçemez ve tam yansıma yapar. Çocuğun gözüne gelir. Böylece camda görüntüsü oluşur.

D17: Bu olay ışığın tanecik modeli ile açıklanır.

Özellikle deney grubunda tam yansımanın bu durumda etkisini gösteremeyeceği üzerinde önemle durulmuştur. Buna rağmen D14 ün bu şekilde yanıt vermesi ilginçtir. Ayrıca D14 önceki sorularda da bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verememiştir. Önceki sorularda bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar veren D17 öğrencisinin bu şekilde yanıt vermesi, ancak öğretim sırasında öğretim etkinliklerinden kopması ile açıklanabilir.

Son testte sezgisel yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Genel olarak deney grubu öğrencilerinin %14'ü, kontrol grubu öğrencilerin ise %10'u bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Her iki grupta da kodlanamaz yanıt veren öğrenci bulunmamakla birlikte, deney grubu öğrencilerinin %5'i (1kişi) soruyu yanıtsız bırakmıştır.

5.2.4.3 Tartışma

Kavramsal anlama testindeki dördüncü soru, günlük hayatta karşılaşılan ve ışığın dalga modeli ile açıklanabilen bir olay hakkındaki öğrenci fikirlerini araştırmaktadır. Öğrencilere “vitride oyuncakları seyreden bir çocuk” örneği verilmiş, “çocuğun kendisini camda görmesi” olayını nasıl açıklayacakları sorulmuştur. Çocuğun kendini camda görmesi olayı, ışığın cam yüzeyinden hem yansıma yapması hem de kırılarak cam ortamına girmesinden kaynaklanmaktadır. Cam yüzeyinden yansıyan ışınlar çocuğun gözüne ulaşmış, dolayısıyla çocuk kendi görüntüsünü camda görmüştür. Işığın, az yoğun ortamdan (hava), çok yoğun (cam) ortama geldiğinde yansıma yapması geometrik optik öğretiminde üzerinde durulmayan bir konudur. Okullarda, geometrik optik öğretiminde ışığın az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geldiğinde normale yaklaşarak kırılacağı vurgulanmaktadır. Işığın bir miktarının yansıma yapacağı üzerinde

durulmamaktadır. Bunun nedeni öğrencilerin geometrik optik öğretimi sırasında “ışığın dalga modeli” fikrine sahip olmamalarıdır.

Öğretim öncesinde uygulanan testte (ön test), deney ve kontrol grubu öğrencilerinden bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Ayrıca, her iki gruptaki öğrencilerden “yansımayı ışığın dalga özelliği ile açıklayan” kısmi yanıt alınmamıştır.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %24’ü, kontrol grubu öğrencilerin %10’u “hem kırılma hem yansıma” fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrenciler ile öğretim öncesi yapılan görüşmede kendilerine geometrik optik bilgileri hatırlatılmış, az yoğun ortamdan çok yoğun ortama gelen ışığın nasıl yansıma yapacağı sorulmuştur. Öğrenciler geometrik optik bilgilerini gözden geçirmişler ve söyledikleri gibi ışığın hem yansıma hem de kırılma yapamayacağı sonucuna varmışlardır. Işığın dalga özelliğinin farkında olup, ışığın az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geldiğinde de yansıma yapacağını vurgulayabilen öğrenci bulunmamaktadır. Kavramsal anlama testinde verdikleri yanıtlar bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilse de bu öğrencilerin durum ile ilgili doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görüşmeler ile ortaya konulmuştur.

Ön testte, beklenen bir sonuç olarak, deney grubu öğrencilerinin %43’ü, kontrol grubu öğrencilerinin %55’i “sadece yansıma” fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrenciler genel olarak camın bir ayna gibi ışığı yansıtacağı fikrine sahiptirler. Öğretim öncesi bu kategoride yanıt veren öğrenciler ile yapılan görüşmeler, bu öğrencilerin de ışığın dalga modeli fikrine sahip olmadıkları gerçeğini ortaya çıkarmıştır.

Öğretim sonrası uygulanan testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %19’u, kontrol grubu öğrencilerinin ise %10’u bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Her iki gruptaki öğrencilerin %5’i dalga özelliğinin vurgulandığı ve kısmen doğru kabul edilebilecek yanıtlar vermişlerdir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %48'i, kontrol grubu öğrencilerinin ise %50'si soruya "hem yansıma hem kırılma" özelliğinin vurgulandığı, bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilen yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrenciler, ışığın "hem yansıma hem de kırılma" özelliğini vurgulamışlar ancak dalga özelliğini belirtmemişlerdir. Dolayısıyla öğretim sonrası yapılan görüşmeler bu sorunun analizi için büyük önem taşımıştır. Bu kategoriye uygun yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D1 ve D4 ile yapılan görüşmeler son testte kısmi yanıt veren bu öğrencilerin aslında bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamayı gerçeklediklerini, yalnızca son testte nitelik açısından zayıf yanıt verdiklerini göstermiştir.

Son testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden K3 ile yapılan görüşme, geleneksel yaklaşımla öğretimin önemli eksiklerinden birini açıkça ortaya koymuştur. K3 öğrencisi, kendisi ile yapılan öğretim sonrası görüşmede "kız çocuğunun vitrin camında kendini görmesi" olayını "yansıyan ve kırılan ışınların girişimi" şeklinde açıklamıştır. Oysa, bilimsel olarak çocuğun vitrinde kendini görme sebebi ışığın dalga karakteri göstererek cam yüzeyinde hem yansıma hem de kırılma yapmasıdır. K3 öğrencisi kavramsal anlama testindeki dördüncü soruya kısmen doğru yanıt verse de kendisinde bu durumla ilgili bir kavram yanlışlığı olduğu görüşme ile ortaya konmuştur. Öğrenci öğrendiklerini zihin süzgecinden geçirme fırsatını bulamamış gözükmektedir. Bunun nedeninin öğrenci fikirlerinin önemsenmediği, paylaşımsız bir öğrenme ortamı olduğu düşünülmektedir. Çocuğun vitrin camında kendini görmesi ile ilgili örnekler (su birikintisinde kendimizi görmemiz, denizin mavi görülmesi v.b), hem deney grubunda hem de kontrol grubunda vurgulanmıştır. Ancak görülüyor ki; kontrol grubundaki öğrenciler etkileşimin olmadığı bir ortamda öğrendiklerini işleme, neden sonuç ilişkilerini kurma gibi noktalarda eksik kalmışlardır.

Kontrol grubu öğrencilerinden K1 ile yapılan görüşmede, K3 öğrencisinde karşılaşılanla benzer bir tablo ortaya çıkmıştır. K1 yansımanın olacağını kesin bir dille söyleyebilmekte, ancak testte yanıt olarak yazdığı girişimi olayın neresine koyacağını bilememektedir. Aynen K3 öğrencisi gibi ince zarda girişim konusu ile ilgili düşünceleri ile soruya ait düşünceleri arasında bir karışıklık yaşamakta olduğu

görülmektedir. Öğrenciye testteki soruya verdiği yanıtta neden “girişim” ifadesini kullandığı sorulduğunda, öğrenci neden girişim yazdığını hatırlamadığını söylemiştir. Aradan kısa bir zaman geçmesine rağmen testte verdiği yanıtta ait düşüncelerini hatırlayamaması yine öğrencinin bilgiyi sorgulamadığını ve neden - sonuç temeli üzerine kurmadığını göstermektedir. Bu durum kontrol grubunun bilgiyi yapılandırma konusundaki bir eksikliği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Muhakkak vurgulanmalıdır ki; kontrol grubu öğrencileri içinde de fikirleri bilimsel olarak tam doğru öğrenciler bulunmaktadır. Örneğin K5 öğrencisi kavramsal anlama testinde bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiş olsa da, kendisi ile yapılan öğretim sonrası görüşme fikirlerinin bilimsel olarak tam doğru olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, bireysel öğrenme yöntemleri arasındaki farklılıklar olarak yorumlanmalıdır.

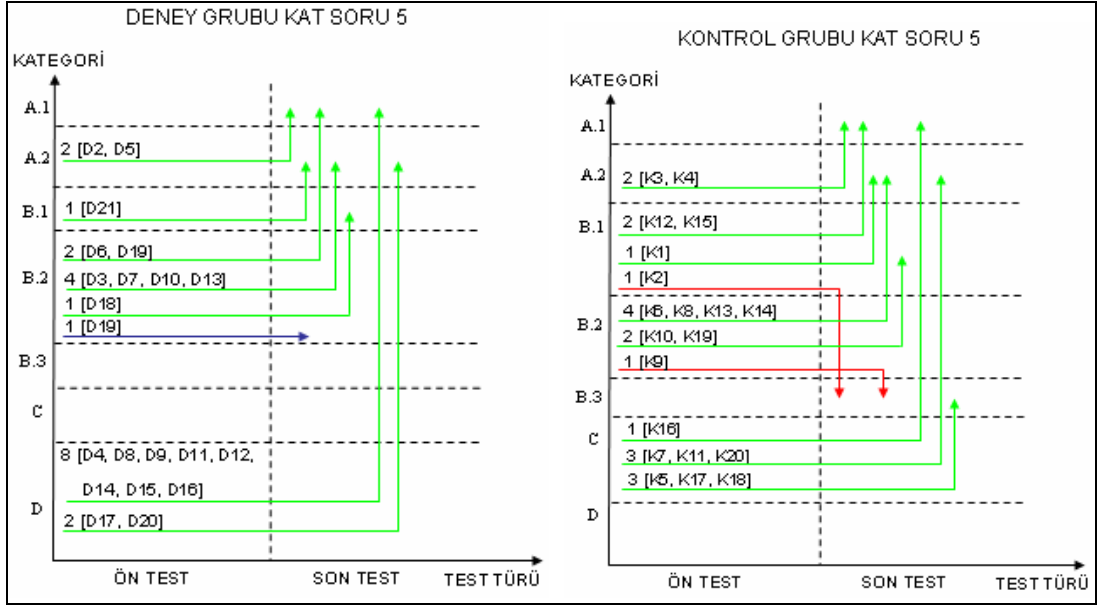
Genel olarak bakıldığında bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar bakımından kontrol grubu (%90), deney grubunun (%81) önünde görülmektedir. Kontrol grubunun önde çıkmasının konunun özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Konu günlük hayattan örnekler içerdiği için kontrol grubu öğrencileri de konuya motive olabilmişlerdir. Ancak deney grubu öğrencilerinin bilimsel olarak tam doğru yanıtlarının, kontrol grubu öğrencilerinininkinden fazla olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan deney grubu öğrencilerinin de aslında bilimsel olarak tam doğru düşündüklerine dikkat edilmelidir. Kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden kendisi ile görüşme yapılan üç öğrencinin ikisinde ciddi boyutlarda kavram yanlışlarının ortaya çıktığı unutulmamalıdır.

5.2.5 Kavramsal Anlama Testindeki 5.Soruya Ait Bulgular

Kavramsal anlama testinin beşinci sorusu daha öncede belirtildiği gibi öğrencilerin ince zarda girişim ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Verilerin Analizi bölümünde açıklandığı gibi öğrencilerin yanıtları kategorize edilmiş ve Tablo 5.7 oluşturulmuştur.

Tablo 5.7: Öğrencilerin 5. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları

YANIT TÜRLERİ	DENEY GRUBU		KONTROL GRUBU	
	Ön Test n (%)	Son test n (%)	Ön Test n (%)	Son Test n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar				
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt				
<ul style="list-style-type: none"> Sabun köpüğü üzerinde yansıyan ve kırılan ışınların girişimi sonunda renklemeler meydana gelir. Farklı köpük kalınlıklarında farklı renk görülür. Bunun sebebi yol farkının sürekli değişerek farklı renkteki ışığın dalga boyunun tam katlarına eşit olmasıdır. 	0	12 (57,14)	0	5 (25,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> “Sabun köpüğünün farklı kalınlıklarından dolayı girişim saçakları oluşur. Olay sonucundan rengarenk bir görüntü oluşur.” “Işığın bir kısmı yansır bir kısmı girişim yapar.” “Sabun köpüğündeki renklemenin sebebi ince zarda girişim olayıdır.” “Bu olay ince zarda girişim ile açıklanır. Her rengin frekansı farklıdır. O yüzden farklı bölgelerde farklı renkler görülür.” “Köpük yüzeyi bir nevi ince zardır. İnce zarda girişim olayı renklemeye neden olur” 	2 (9,52)	7 (33,33)	2 (10,00)	8 (40,00)
Ara Toplam 1	2 (9,52)	19 (90,04)	2 (10,00)	13 (65,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				
1. Işığın Dalga Modeli Fikrini İçeren Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> “Işık kırınım ve yansımaya uğrar.” “Kalınlığı d olan ince zar üzerine tek renkli ışık düşürüldüğünde, ışığın bir kısmı içeri girer, bir kısmı yansyarak geldiği ortama çıkar” “Işınlarda girişimden dolayı sabun köpüğü yüzeyinden yansıyan ışınlar renklidir” 	1 (4,76)	1 (4,76)	4 (20,00)	2 (10,00)
2. Olayları Geometrik Optik Açıklayan Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> “İnce zarda az yoğun ortamdaki çok yoğun ortama geçen ışınlar 7 farklı renge ayrılır, yani köpük bir prizma gibi ışınları kırar ve köpük üzerinde renklemeler görülür” “Bu olay ışığın yoğun ortama girdiğinde renklerine ayrılması olayıdır.” “Her renk farklı açılarla kırılır, renklerine ayrılır.” “Sabun köpüğü çok kırıcı ortamdır. Sabun köpüğüne ışık gelirse, içindeki renkler farklı farklı kırılırlar. Beyaz ışık içindeki renkler ayrılır ayrı gözükürler.” 	8 (38,09)	1 (4,76)	7 (35,00)	0
3. Hibrit Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> “Farklı kalınlıklardan dolayı sabun köpüğünde girişim saçakları oluşmuştur. Olay ince zarda girişimdir. Beyaz ışığın kırılarak renklerine ayrılmasıyla farklı renkler oluşur.” “Bu olayı ışığın dalga modeli ile açıklarım. İnce zarda girişimdir. Beyaz ışık bir ortama girer ve farklı kırılarak renklerine ayrılır.” 	0	0	0	5 (25,00)
Ara Toplam 2	9 (42,85)	2 (9,52)	11 (55,00)	7 (35,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar				
	0	0	7 (35,00)	0
D. Yanıtsız				
	10 (47,61)	0	0	0
TOPLAM	21 (100)	21 (100)	20 (100)	20 (100)



Şekil 5.10: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 5.soruya ait fikirlerinin gelişimi

Kavramsal anlama testindeki beşinci soru öğrencilerin ışığın sabun köpüğündeki (ince zar, ince film v.b) girişimi konusuna ait kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Öğrencilerin bu soruyu bilimsel olarak tam doğru olarak yanıtlayabilmeleri için; köpük üzerinde kırılan ve yansıyan ışınların girişimini belirtmeleri gerekmektedir. Ayrıca, doğru yanıt için, zar kalınlığının farklılaşmasından dolayı yol farkının değişeceğini, dolayısıyla farklı zar kalınlıklarında farklı renkler oluşacağını bu yüzden de zar üzerinin renkli gözükeceğini belirtmeleri gerekmektedir. Sorunun tam doğru yanıtı Tablo 5.7’de görülmektedir.

5.2.5.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön testte, soruya deney ve kontrol grubu öğrencilerinden bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %10’u, kontrol grubu öğrencilerin yine %10’u bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrenciler ile yapılan görüşmelere ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Sabun köpüğümüz vardı. Üzerine beyaz ışık düşürdüğümüzde üzerinde renklenmeler görmüştük. Bu olayı nasıl açıklarsınız demiştik. “İnce zarda girişimden dolayı açıklarım” demişsiniz.

Araştırmacı: Nedir ince zarda girişim?

D2: İnce zarda girişim dediğimiz şey öğrendiğimiz şeylere göre söylüyorum tabi. Bu Young deneyi var. İşte o. Yani orda bulunmuş bir şey. İnce zarda girişim de bu aydınlık karanlık saçakların oluşması ile ilgili bir şey. Bu sabun köpüğü de ondan dolayı renkleniyor olabilir.

Araştırmacı: Bunun ismi diyelim ki ince zarda girişim. Ancak ben şunu istiyorum; bu renklenmeler nasıl oluşuyor?

D2: Bence güneş beyaz bir ışık ama pek çok rengi barındırıyor içinde. Bu renkler farklı frekansta farklı dalga boyunda olduklarından bu renklenmeler farklı farklı oluyor.

Araştırmacı: Işığın prizmadan geçerek renklerine ayrılmasına benzetiyor olabilir miyiz acaba?

D2: Kırılma değil. Kırılma olmaması lazım ama. Tam olarak ne olabilir. Oda yine ışığın girişimine dayanıyor olabilir.

Araştırmacı: Nedir ışığın girişimi.

D2: Işığın girişimi az önce dediğimiz gibi o aydınlık karanlık saçakların oluşması.

D2 öğrencisi ışığın dalga modeli fikrine sahiptir. Ancak sabun köpüğü üzerindeki renklenmelerin sebebini açıklayamamıştır. Kendisine renklenmenin sebebi ısrarla sorulduğunda “Işığın girişimi, az önce dediğimiz gibi o aydınlık karanlık saçakların oluşması” şeklinde yanıt vermiştir. Ancak ilk iki soru ile ilgili D2 öğrencisi ile yapılan ön görüşmeler hatırlanırsa D2’nin aydınlık karanlık saçakların oluşumunu da hatırlayamadığı görülecektir. Kolaylık olması açısından, birinci soruya ait ön görüşme diyaloglarından bir kesit aktarılmıştır.

Araştırmacı: Işığın dalgalanması... Peki aydınlık karanlık bölgelerin oluşma sebebi nedir?

D2: *Aydınlık karanlık bölgelerin oluşma sebebi...Tam bilmiyorum. Tam açıklayamıyorum.*

Araştırmacı: Ne oluyor olabilir mesela D2?

D2: *Açıklık azaldıkça, oradan geçen ışınların yönleri, işleyişleri yani gidiş tarafları değişiyor olabilir. Işığın kırılması, dağılması olarak düşünebiliriz. Işık geliyor aralıktan geçip dağılıyor. Belli bölgelere ışık geliyor, belli bölgelere ışık gelmiyor. Bu yüzden olabilir. Bu şekilde dalgalanmalar oluşuyor.*

Bu diyaloglar, D2 öğrencisinde ışığın girişimi ve ince zarda girişim konuları ile ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir kavramsal anlamının gerçekleşmediğini göstermektedir. D2 aydınlık ve karanlık saçakları, sabun köpüğü üzerindeki renklenmeyi açıklayamamaktadır. Önceden katılmış olduğu kursta verilen bilgilerden bir kısmı aklında kalmıştır. Ancak bu bilgiler arasında neden sonuç ilişkisi bulunmamaktadır.

Araştırmacı: Sabun köpüğümüz vardı. Üzerine beyaz ışık düşürüyorduk ve bir bakıyorduk ki, üzerinde renklenmeler oluşmuş. demişiz ki “ince zarda girişim olayı ile açıklayabiliriz, aydınlık karanlıklar olayına benzer”. Nedir bu ince zarda girişim? Açabilir miyiz biraz daha?

D5: *İnce zarlarda girişim...bir de hava kaması vardı...*

Araştırmacı: Hava kaması nedir?

D5: *İki tane çubuğun arasına ince bir saç teli koyuyorduk. Böylelikle hava kaması elde ediyorduk ama nedir ne işe yarar bilmiyorum.*

Araştırmacı: İnce zarda girişim ne demek peki?

D5: *İnce zarda girişim, ya bunu aslında sadece ismini duydum. Hani bu olayı açıklamadık hiç. Formülleri falan vardı ama bir şey hatırlamıyorum.*

D5 öğrencisi konunun yalnızca ismini duyduğunu, katıldığı kursta olayı hiç açıklamadıklarını belirtmiştir. Sabun köpüğündeki renklenmeleri açıklayamamaktadır.

Araştırmacı: “İnce zarlarda girişimden dolayı sabun köpüğüne ışık düşürüldüğünde renklenmeler görülür” demişsiniz. Öncelikle ince zarda girişim nedir?

K3: İnce zarlarda girişim bir girişim olayı. Zıt fazlı ya da aynı fazlı kaynak tarafından oluşturuluyor. İnce zarlarda girişim de öyle bir şey herhalde.

Araştırmacı: Renklenmeler neden oluşuyor?

K3: Renklenmeler yansıma sonucu oluşur. Işığın farklı renkleri farklı şekilde yansıyor. Beyaz ışık geldiğinde renklere ayrılıyor.

Araştırmacı: Yansırken renklere ayrılma nasıl gerçekleşir?

K3: Beyaz ışık kırıldığında renklere ayrılıyor.

Araştırmacı: Nerede kırılıyor peki ışık?

K3: Kaynaktan gelirken havada kırılıyor olabilir sabun köpüğünün üstüne gelince de renklenme oluyor.

Araştırmacı: Havada nasıl kırılacak ışık?

K3: Sabun köpüğü farklı bir ortam olduğu için farklı bir ortama geçerken ya normale yaklaşarak kırılır ya da uzaklaşarak. Bu ortamda kırıcılık indisi farkı var herhalde.

Araştırmacı: “İnce zarda girişim” dediğiniz şey bu olayın neresinde?

K3: İnce zarda girişim. Bilemeyeceğim.

K3 öğrencisi bilimsel olarak kısmen doğru yanıt verdiği halde aslında “ince zarda girişim” konusuna dair doğru bir kavramsal anlamaya sahip değildir. Ayrıca renklenmeyi ışığın havada kırılarak renklere ayrıldığına bağlamakta ve ince zar yüzeyinin renkli gözüktüğünü düşünmektedir.

Araştırmacı: “İnce zarda girişimden dolayı ışık kırınımına uğruyor bundan dolayı da farklı renklerde görüyoruz” demişsiniz. Nedir ince zarda girişim?

K4: İnce zarda girişim ben burada frekansları farklı diye yani bölgelerin frekansları farklı diye ondan dolayı.

Araştırmacı: Bölgelerin frekansları derken?

K4: Yani oraya gelen açıdan beyaz ışığın farklı renk alması. Normal beyaz ışığın dağılarak renklere ayrılması.

Araştırmacı: Normal beyaz ışığın renklere ayrılması olarak açıklıyorsunuz. Peki ince zarda girişim demenizdeki sebep nedir?

K4: Girişim orda ışık toplanıyordur, ondan.

Araştırmacı: Biraz daha açabilir miyiz?

K4: Bunun odağında girişim olur, sonra ayrılır.

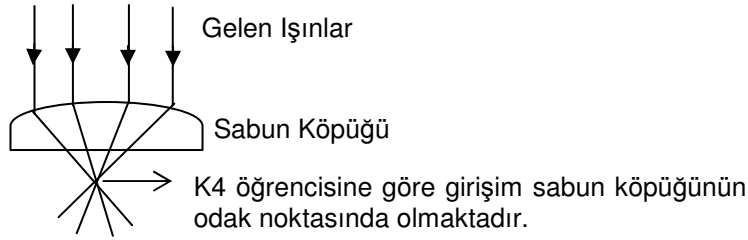
Araştırmacı: Odak neresi?

K4: Odak sabun köpüğünün şekline bağlı olarak ışığın toplandığı merkez ince zardaki

Araştırmacı: Yanlış anlamadıysam, sabun köpüğünü bir mercek gibi mi düşünüyorsunuz?

K4: Evet sabun köpüğü toplar ışığı aynı mercek gibi, girişim olur ve renklerine ayrılır.

K4 öğrencisinin de, ince zarda girişim konusunun yalnızca başlığını hatırladığı görülmektedir. Sabun köpüğü üzerindeki renklenmeleri ve girişimi açıklayamamıştır. Ayrıca girişim konusunda bilimsel olarak kabul edilemez fikirlere sahiptir.



Şekil 5.11: K4 öğrencisinin ince zarda girişim ile ilgili düşünceleri

K4 öğrencisi geometrik optik bilgilerini kullanarak, küresel sabun köpüğünün ışınları odaklayacağını, ışığın farklı renklerinin farklı kırılacağını, böylelikle sabun köpüğünün renkli gözükeceğini söylemiştir. Ancak zihninde bir “ince zarda girişim” kavramı vardır. Açıklamalarında “ince zarda girişim” kavramını koyacağı bir yer aramaktadır. Ancak ince zarda girişim ile ilgili kavramsal zemini bunu başarabilmek için yeterli değildir. K4 ön testte bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiş olsa da bilimsel olarak kabul edilemeyen fikirlere sahiptir.

Genel olarak bakıldığında, deney grubunun yaklaşık %10'u, kontrol grubunun %10'u soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Ancak görüşmelerde ortaya çıkan durumlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin %20'si soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin %38'i, kontrol grubu öğrencilerinin %35'i sabun köpüğündeki renklenmeyi, geometrik optik bilgilerini kullanarak ışığın kırılması ile açıklamışlardır. Bu bilimsel olarak doğru kabul edilemeyecek bir yanittir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait görüşme diyalogları aktarılmıştır.

Araştırmacı: “Güneş ışığının 7 renkten oluşması ışığın kırılması sonucu bu renklerin açığa çıkması” şeklinde yanıtlamışsınız. Söylediklerinizi biraz daha açabilir misiniz?

D1: Bildiğimiz gibi 7 renk güneş ışığının yani beyaz ışığın içerisinde bulunur. Mavi mor falan. Bunların her biri farklı ortama girdiklerinde farklı kırılırlar. Burada da aynı şey gerçekleşir. Sabun köpüğü içine giren ışık renklerine ayrılır ve rengarenk gözüktür.

D1 öğrencisi testte verdiği yanıtı, benimsediği öğretim öncesi yapılan görüşme ile ortaya konmuştur. D1 öğrencisi beyaz ışığın farklı bir ortama girdiğinde, renklerine ayrılacağını, dolayısıyla köpük yüzeyinin renkleneceğini düşünmektedir.

Araştırmacı: “Işıklar sabun köpüğünden geçerken ışıklar renklerine ayrışır ve kırılır.” Bu yanıt ile ilgili söylemek istediğiniz bir şey var mı?

D3: Ama bu çok küçük bir hava ortamı olduğu için hocamızın anlattığına göre burada da yine şu olay oluşuyormuş sanırım. Ama güneşten gelen bir ışın yine burada kırılmaya uğrayacak çünkü farklı ortama giriş yapıyor. Bir ortamdan geçiş yapıyor kırılmaya uğrayan güneşten gelen ışın da bütün renkleri barındırdığı için ışığın kırılması da renklere ayrışarak oluyor. Yani bu olay gökkuşağı olayı gibi.

D3 öğrencisi sabun köpüğündeki renklenmeyi “gökkuşağı modeli” ile açıklamıştır. Ön testte olduğu gibi, ön görüşmede de geometrik optik bilgilerini kullanmaktadır.

Ön testte, kontrol ve deney grubu öğrencilerinden hibrit yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Genel olarak bakıldığından ön testte, deney grubu öğrencilerinin %43'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %55'i bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir.

Ön testte, kontrol grubu öğrencilerinin %35'i kodlanamaz yanıt vermişlerdir. Bu öğrenciler soruya “bu olay hava kamasıdır” şeklinde yanıt vermişlerdir. Öğrenciler, konuya ait bazı terimleri hatırlamakta ancak ince zarda girişim olayına “hava kaması” diyebilmektedirler. Deney grubunda ise kodlanamaz yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %48'i soruyu yanıtızsız bırakmıştır. Kontrol grubu öğrencilerinde ise soruyu yanıtızsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

5.2.5.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Son testte deney grubu öğrencilerinin %57'si, kontrol grubu öğrencilerinin %25'i soruya bilimsel olarak tam doğru yanıtlar vermişlerdir. Tam doğru yanıtlar bakımından deney grubundan bir üstünlük görülmektedir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilere ait görüşme diyalogları aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk testimizde “İnce zarlarda girişim olayının temelinde dayanır” demişsiniz. İkinci testte, “İnce zarda girişim olayıdır. Yansıma, kırılma ve girişim temelinde dayanır. Işık ışınları sabun köpüğüne düşürüldüğünde yansımaya ve kırınıma uğrarlar ve bunun sonucunda girişim deseni oluşur.” şeklinde bir yanıtınız olmuş. Öncelikle bu yanıtı açabilir miyiz?

D2: Orada da söylediğim gibi eğer ışık zar üzerine düşürülürse, yansımalar ve kırılmalar yapar. Bu yansıyan ve kırılan ışınların girişimi sonunda girişim deseni

oluşur, renkli olur. Tabii beyaz ışık düşürülürse zara, zar renkli gözükür. Mesela mavi düşürünce mavi siyah olur.

Karanlık olur.

Araştırmacı: Beyaz ışık düştüğünde renkli görülmesinin nedeni nedir?

D2: Zar kalınlığı değiştiği için. Zar kalınlığı değişirse yol farkı değişir, mesela üstten bakan gözlemci için yol farkı $2d + \frac{\lambda_z}{2}$ idi. Zar kalınlığı değişirse bu da değişir. Yol farkı her defasında başka başka renklere denk gelmeye başlar. Yani şöyle mesela bir yeşilin dalga boyunun tam katı olur, yeşil gözükür, bir de kırmızınıninkine eşit olur mesela kırmızı gözükür.

Araştırmacı: Az önce “mavi düşürünce mavi siyah olur” demiştiniz. Bunu biraz açabilir miyiz?

D2: Tek renk yani. Beyaz gibi değil. Beyaz ışık içinde 7 rengi bulundurur. O yüzden renkli gözükür. Ancak mavi düşürülürse, başka renk olmadığı için aydınlık bölgeler sadece mavi gözükür. Karanlık bölgeler de siyah görülür.

D2 öğrencisi, sabun köpüğünün renklenmesine ilişkin, bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahiptir. D2'nin ön testteki yanıtı ince zarda girişim fikrini içerse de bu yanıtta doğru bir açıklama getirememiştir. Öğretim sonu yapılan test ve görüşme D2 öğrencisinin fikirlerini bilimsel görüşe doğru değiştirdiğini göstermektedir.

Araştırmacı: İlk testte herhangi bir yanıt verememiştiniz. İlk görüşmede bize “beyaz ışığın renkleri vardı. Bunların frekansları vardı. Kırmızıdan mora doğru gittikçe azalıyordu. Bu sabun köpüğüne girdiğinde farklı kırılmalar oluyor, dolayısıyla renklenmeler oluyordu.” demiştiniz. İkinci testte ise “ışığın sabun köpüğündeki girişimi” demişsiniz. “Bu renklenmelerin sebebi ise zarın kalınlığının değişmesidir” diyorsunuz. “Sabun köpüğünün patlayacağı nokta siyahlaşır ve patlar” demişsiniz. Öncelikle girişim bu olayın neresinde?

D4: Köpüğün üstüne ışık düşüyor. Bu ışık yansımalarla ve kırılmalarla bir yol izler. Burada bir girişim oluşur, hani üstten bakan ve alttan bakan gözlemciler için ışınların girişimini incelemiştik.

Araştırmacı: Yanıtınızdaki zar kalınlığı ifadesi ile ilgili söyleyecekleriniz var mı?

D4: Buralarda zar kalınlığının farklı olduğundan dolayı renkler farklı oldu. Zar kalınlığı değişince yol farkı da değişti. Hatta biz yaptığımız deneylerde sabun köpüğünün patlayacağı yerlerde önce siyahlaştığını sonradan patladığını gözlemlemiştik.

Araştırmacı: Neden siyah oldu peki patlayacağı yerler?

D4: Patlayacağı için zar orada çok inceldi. Bu çok çok incelen yer 0. karanlığımızdı. Hatta üstten bakınca karanlıktı ama aynı yere alttan bakınca aydınlık görmüştük. Burada bir girişim deseni sadece siyah renk olarak görüldü.

D4 öğrencisi bilimsel olarak tam doğru kabul edilebilecek kavramsal anlamaya sahiptir. Renklenmenin oluşumunu zar kalınlığının değişimine bağlamaktadır. Ayrıca girişimi doğru olarak açıklamıştır. D4 kendisine sorulmaya soruları da açıklamıştır. Grup çalışmalarında yapılan deney ve gözlemlerden çok etkilenmiş olduğu gözlenmektedir. Sorulmadığı halde kendiliğinden bu deneylerden söz etmektedir (Köpüğün patlayacağı zaman siyah gözükmeye gibi). D4 öğrencisi kendisi ile yapılan öğretim sonrası görüşmede günlük hayatta sürekli olarak gözlem yapmaya başladığını belirtmiş, hatta evlerinin camında hava kaması oluşturduğunu ve ellerini yıkarken uzun süre köpükteki girişimi seyrettiğini belirtmiştir.

Araştırmacı: “İnce zarlarda girişim olayı ile açıklayabiliriz. Aydınlık karanlık saçak olayına benzer” şeklinde yanıt vermişsiniz. İkinci teste baktığımda “Bu olay ince zarda girişim olayıdır. Işık yansır ve kırılır ve girişim deseni oluşturur, zar kalınlığına bağlı olarak renkler yerleşir” şeklinde yanıtlamışsınız. Bir de şekil çizmişsiniz. Şekil ile birlikte anlattıklarınızı biraz açabilir misiniz?

D5: Bu olay yine dalga özelliğinin sonucudur. Işık tepe gelir ve çukur yansır. Burada yay dalgalarına benzettik, hani onlarda ince yaydan kalın yaya geliyorlardı. Oradaki yansıma ve iletilme olaylarına benzeterek açıkladık. Yansıyan ve kırılan ışınlar vardır. Burada şu iki ışık (Çizdiği şekil de üstte bulunan iki ışını işaret ederek) girişim yapar. Bunların arasında faz farkı vardır. Yol farkı $2d + \frac{\lambda}{2}$ olur.

Aşağıdakiler arasında faz farkı olmaz yol farkı $2d$ olur. Yol farkı λ nın tam katları olursa orada aydınlık görüyoruz. Aynı eskiden olduğu gibi.

Araştırmacı: Eskiden derken neyi kastediyorsunuz?

D5: Eski derken yani çift ve tek yarıktaki olduğu gibi.

Araştırmacı: Burada renklemeler var onları nasıl açıklıyorsunuz?

D5: Beyaz ışıktaki renkler onlar. Farklı kalınlıklarda farklı renklerin oluşması normal zaten. Burada zar kalınlığı değişim gösterdiğinden farklı yerlerde farklı renkler oluşur.

Araştırmacı: Peki neye göre renklerin zar. Bunun bir kuralı mı var?

D5: Zaten ben söylemiştim. $2d + \frac{\lambda}{2}$ ifadesindeki d zar kalınlığı değişir. O yüzden yol farkı değişir. Ve her defasında yol farkı çeşitli renklerin dalga boylarının tam katlarına eşit olur. Mesela orada yalnızca yeşildir mavidir renkler olmaz bazı yerlerde karanlıktır. Buralarsa (karanlıkları gösteriyor) yol farkının $\frac{\lambda}{2}$ nin tek katlarına eşit olduğu yerlerdir. Sönümlenme gerçekleşir.

Araştırmacı: Bu olayı başka bir yerde gördünüz mü ya da duydunuz mu?

D5: Motor yağında duydum. Ayrıca artık evde elimi sıvı sabunla yıkarken sürekli bu deneyi yapıyorum.

D5 öğrencisi mükemmel bir kavramsal anlamaya sahiptir. Ön test sonrası yapılan ön görüşmede “ince zarda girişim” adına sadece başlığı hatırlayabilen D5’in, son testte bilimsel olarak kusursuz bir kavramsal anlamayı gerçekleştirmesi üzerinde önemle durulması gereken durumdur. D5 öğrencisinde yaşanan kavramsal değişim, kontrol ve deney gruplarının karşılaştırılması sürecine ışık tutmaktadır.

Araştırmacı: İlk testte, “ince zarlarda girişimden dolayı sabun köpüğünün üzerine ışık düşürüldüğünde renklemeler gözükür” demişsiniz. İkinci testimizde ise “sabun köpüğünde farklı kalınlıklar vardır, ince zarda girişim deseni meydana gelir. Beyaz ışık sabun köpüğünde renkli görüntü oluşturur” şeklinde bir yanıt almışız. Renklemelerin oluşma sebebini biraz daha açabilir miyiz?

K3: Sabun köpüğünün üstüne ışık düşürdüğümüzde ince zarda girişim oluşuyor. İnce zarda bir girişim deseni meydana geliyor. Bu sabun köpüğünde farklı kalınlıklar yüzünden bazı bölgelerde aydınlık bazı bölgelerde karanlık değişik renkler oluşuyor.

Araştırmacı: Neden aydınlık ve karanlıklar oluşuyor?

K3: Yol farkından dolayı olabilir yani.

Araştırmacı: Aydınlık ya da karanlık olmasının sebebi nedir?

K3: Yine birbirini sönmümlüyordur. Işıktan gelen ışınlar, ışık kaynağından gelen ışınlar sönmümlüyordu. Sönmülediği yerlerde karanlıklar farklı kalınlıklarda olan yerlerde de değişik renkler görüyoruz.

Araştırmacı: Neden farklı kalınlıklarda değişik renkler oluşuyor?

K3: Onu bilmiyorum

Araştırmacı: Mesela belli kalınlıkta sarı oluşuyor, belli kalınlıkta mavi oluşuyor gibi bir şey çıkarıyorum vermiş olduğunuz yanıtta. Bunun sebebi nedir?

K3: Yol farkı. Onun formülde yazıyorduk ama...İşte onu tam hatırlayamadım.

Kontrol grubu öğrencilerinden K3, ince zarda renklenmenin ışığın girişimi ile olacağını ifade etmektedir. Yapıcı ve bozucu girişimi vurgulamaktadır. Ancak zar kalınlığının değişmesi ile bazı bölgelerin aydınlık bazı bölgelerin karanlık olduğunu vurgulamıştır. Bu fikirleri bilimsel olarak tam doğru fikirlerdir. Ancak zar kalınlığının girişime nasıl etki edeceği, zarın üzerinde neye göre mavi renk, neye göre sarı renk oluşacağı konusunda nitelikli bir yanıt verememiştir.

Araştırmacı: İlk testte “ince zarda girişimden olayından dolayı ışık kırınımına uğruyor. Bundan dolayı da farklı renklerde görüyoruz biz” yanıtını vermişsiniz. İkinci testimize baktığımızda “sabun köpüğünün farklı kalınlıklarda girişim deseni oluşturduğu için, sabun köpüğünde renklenmeler olur, girişim saçakları oluşur” yanıtını vermişsiniz. “Farklı kalınlıklarda farklı girişim deseni” nedir? Bunu açabilir misiniz?

K4: Burada yol farkı zarın kalınlığına bağlıdır. O yüzden farklı kalınlıklarda farklı renkler oluşur.

Araştırmacı: “Yol farkı zar kalınlığına bağlı” diyorsunuz. Peki, hangi kalınlıkta hangi rengin oluşacağını belirleyen şey nedir?

K4: Burada dalga boyu önemli. Bir de zar kalınlığı önemli. Farklı kalınlıklarda farklı dalga boyuna sahip ışık gözüktür. Girişim saçakları oluşur.

Araştırmacı: Girişim saçakları nasıl oluşur?

K4: Şimdi burada zarin üzerinden yansıyan ve zarin içine giren ışınlar vardı. Tam olarak hatırlamıyorum. Burada ışınlar girişim yapıyordu. Yine tepe tepenin üst üste gelmesi olayı oluşuyor.

Araştırmacı: Bir sorum daha olacak. İlk görüşmemizde “ışınların köpüğün odağında toplanacağı ve burada girişim yapacakları” fikriniz vardı. Bu fikri şu an nasıl değerlendiriyorsunuz?

K4: Ahh. Evet hatırladım. O söylediğim o anda uydurduğum bir şeydi. Köpüğün renklenmesi o kadar basit açıklanamaz herhalde.

K4 öğrencisi, renklenmenin girişim sonucunda oluşacağını, değişik renklerin değişik yerlerde oluşmasının zarin kalınlığının değişmesinden kaynaklandığını başarı ile açıklamıştır. Aynı zamanda renklenmenin olmasında dalga boyunun etkili olacağını da vurgulamıştır. K4 öğrencisinin fikirlerini bilimsel görüşe doğru değiştirdiği açıkça görülmektedir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %33’ü, kontrol grubu öğrencilerinin %40’ı soruya bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilen yanıtlar vermişlerdir. Bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar daha önceden de belirtildiği gibi tam doğru yanıtın bir kısmının söylendiği yanıtlardır. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk testte, “Işınlar sabun köpüğünden geçerken renklerine ayırır ve kırılır” şeklinde açıklamıştınız. Yaptığımız ilk görüşmede bu olayı “gökkuşağına” benzetmiştiniz. İkinci testte ise “Bu olay ince zarda girişimdir. Zarin incelik veya kalınlığına bağlı olarak ışık zardan geçerken faz farkı oluşur. Bu nedenle şekildeki renklenme meydana gelir, renklenmenin nedeni beyaz ışıktır” demişsiniz. Testte yazdıklarınıza eklemek istedikleriniz var mı?

D3: O işte bu tam her yerinde zarin, sabun köpüğünün her yerinde eşit kalınlık olmadığı için sürekli o zaten o ayrı bir şekil olduğu için bir yere birikiyor, bir yer inceliyor. İncelen yerlerde yani o dalga hareketi tepe olarak geliyor, çukur olarak çıkıyor işte mesela tepe çukur çıkıyorsa karanlık görüyoruz. Ya da tepe tepe olarak tekrar çıkıyorsa zara girdikten sonra ışın yansıdıktan sonra da bölgeleri aydınlık ve

ya karanlık olarak görüyoruz. Yani o zarın karanlığı ile alakalı aydınlık ya da karanlık olması.

Araştırmacı: Zarda iki nokta alalım, birinci noktada diyelim mavi renk var, diğer noktada kırmızı renk var. Bu renkler neye göre orada gözleniyorlar.

D3: Dalga boylarına göre. Mesela bahsettiğiniz ilk noktada yol farkı öyle bir denk gelmişki, orada mesela ilk nokta mavimiydi?

Araştırmacı: Evet.

D3: Mesela o noktada mavinin dalga boyunun tam katına eşit olmuş, orada mavinin aydınlığını görmüşüz. Diğerinde de kırmızı için aynı şey olmuş.

Araştırmacı: İlk testte olayı gökkuşağına benzetmişsiniz. Bu konuda ne söyleyebilirsiniz?

D3: Bu olayın kırılma ile açıklanamayacağını öğrendik zaten. Gökkuşağında ışık renkleri farklı kırıldıkları için renkleri farklı görüyoruz. Burada ise girişim var.

Daha önceki soruların analizinde karşımıza çıkan durumun benzeri bu sorunun analizinde de ortaya çıkmıştır. D3 son testte soruya kısmi yanıt vermiştir. Ancak öğretim sonunda yapılan görüşme kendisinin bilimsel olarak tam doğru fikirleri olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Araştırmacı: İlk teste baktığımızda “ışıklarda girişimden dolayı sabun köpüğünün yüzeyinde yansıyan ışınlar renklidir. İnce zarda girişimdir.” Şeklinde bir yanıtınız olmuştu. İlk teste dair neler söyleyebilirsiniz?

K1: İnce zarda girişim doğru. Burada da ışığın girişimi vardı. Gelenler vardı yansıyanlar vardı. Bunlar girişim yapıyorlardı.

Araştırmacı: Biraz daha açabilir misiniz?

K1: Tam hatırlamıyorum nasıldı. Ama bir ışığın yolunu çizmiştik. Orada bir şeyler olmuştu aydınlık karanlık falan olmuştu. Tepe – tepe aydınlık, tepe – çukur karanlıktı. Işık girişim yapıyordu.

Araştırmacı: İkinci testte “sabun köpüğünün farklı kalınlıklarından dolayı girişim saçakları oluşur. Olay sonucunda rengarenk bir görüntü oluşur” şeklinde yanıt vermişsiniz. Bu yanıtınızı biraz daha açabilir misiniz?

K1: Hani deney yapmıştık, demiri (sabun köpüğü oluşturmak için kullanılan) aşağı doğru çevirdiğimizde köpük akıyordu aşağı doğru, sıfırdan başlayan ve artan bir zar

oluşmuştu. Orada renkli bölgeler dizilmişti. Burada ışık girişim yapmıştı, kırmızı filtre konulunca da kırmızı ve siyah bölgeler oluşmuştu.

Araştırmacı: Tamam. Aslında kalınlığın girişim üzerindeki etkisine dair yanıt istiyorum. Kalınlık neyi değiştiriyor?

K1: Kalınlık...

Araştırmacı: Neden acaba kırmızı filtre değişime yol açmış?

K1: Çünkü beyaz ışıkta her renk var ondan. Kırmızı filtre konunca her ışık gelmiyor zara sadece kırmızı düşüyor. O zaman tepe – tepe ve çukur – çukur denk gelen yerler aydınlık tepe çukur gelen yerler karanlık gözüküyor.

Araştırmacı: Şimdi! Görüldüğü gibi bazı yerler kırmızı bazı yerler yeşil, neye göre oluyor bu? Mesela burada sarı var. Neden başka bir renk yok burada sarı oluşmuş?

K1: ...

K1 öğrencisi sabun köpüğündeki renklenmenin girişim sonucunda olacağını, yapıcı ve bozucu girişim sonucunda aydınlık ve karanlık bölgelerin oluşacağını başarı ile açıklamıştır. Ancak zar kalınlığının girişime etkisi konusunda bir yanıt verememiştir. Renklerin, hangi bölgelerde neye göre oluşacağı sorusunu yanıtız bırakmıştır. Kavramsal anlama testindeki (son test) yanıtı gibi öğretim sonrası yapılan görüşmede ortaya attığı fikirler de bilimsel olarak kısmen doğrudur.

Deney grubunda gerçekleştirilen öğretimde, ışığın ince zarda girişimi üzerinde çokça durulmuş, öğrencilerin fikirleri tek tek dinlenmiştir. Öğrenciler fikirlerini kendi aralarında tartışma fırsatı bulmuşlardır. Kendi fikirlerinin olumlu ve olumsuz noktalarını tartışma fırsatı bulmuşlardır. Bu eylemler onların bilimsel görüşe doğru yolculuklarında onlara kolaylık sağlamıştır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin %10'u soruya ışığın dalga modeli fikrini içeren ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrencilere ait yanıtlar tabloda görülmektedir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i (1 kişi) olayı geometrik optik ile açıklayan ve bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Kontrol grubunda ise bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Bu kategoride yanıt veren D1 öğrencisi ile yapılan görüşmeye ait diyalog aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk teste baktığımda “güneş ışığının 7 renkten oluşması, ışığın kırılması sonucu bu renklerin açığa çıkması” şeklinde bir yanıt vermişsiniz. İlk görüşmede bu soruyu sorduğumda verdiğiniz yanıtı hatırlıyor musunuz?

D1: Fazla değil ama.

Araştırmacı: Hatırladığınız kadarıyla.

D1: Işığın kırılması ile açıklamıştım sanırım, farklı renklerin farklı kırılmasından bahsetmiş olabilirim.

Araştırmacı: İkinci teste baktığımızda “ince zarda az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçen ışınlar 7 farklı renge ayrılır yani köpük bir prizma gibi ışınları kırar ve köpük üstünde renklenmeler görülür” şeklinde bir yanıtınız olmuş. Biraz daha açabilir miyiz?

D1: Bu olay ince zarda girişimdir. Beyaz ışık gelmiş ve 7 farklı renk sabun köpüğü üzerinde oluşmuştur. Bu 7 renk farklı farklı kırıldığından dolayı.

Araştırmacı: Bir dakika! Kırılma olayını anladım. Açıklamanızı da anladım. İnce zarda girişim diye bir ekleme yaptınız. Neden?

D1: Bu olayın ismi ince zarda girişimdir, öyle öğrendik. Burada da yine bu tepe - tepe, işte tepe çukur olayları vardı.

Araştırmacı: Toparlayabilir miyiz?

D1: Işığın prizmada renklerine ayrılması gibi.

Araştırmacı: Az önce değindiğiniz tepe – çukurlar ve ince zarda girişim ifadeleri bu olayın neresinde ben bunu anlamıyorum.

D1: Tepe çukurlarda olmalı aslında. Geliyordu yansıtıyordu içeri giriyordu. Ama renklerine ayrılma olayı olunca ister istemez olay sanki renklerine ayrılma gibi gözüküyor. Hatta burada zar kalınlığını falan hesapladık, yol farkı aldık.

Araştırmacı: Yol farkı neden aldık.

D1: Yol farkına göre aydınlık mı karanlık mı olduğunu anlıyorduk.

Araştırmacı: Aydınlık, karanlık?

D1: İşte az önce söylediğim gibi. Tepeler vardı kuvvetlendiriyor aydınlık oluyor, sönmüylüyor karanlık oluyordu. Aydınlık karanlık saçaklar oluşuyordu. Zarin üzerinde böyle çizgi çizgi aydınlık karanlık oluyordu. Hatta deneyde de yapmıştık. Kırmızı filtre koymuştuk. Kırmızı siyah gözükmişti.

Araştırmacı: Rengarenk gözüktüğü durum olmadı mı hiç?

D1: Kırmızı filtreyi koymayıp sadece ampülün ışığı tutulduğunda o zaman renklenmişti.

Araştırmacı: Şimdi ben bir toparlama istiyorum. Neden kırmızı siyah, filtre koyduk ne değişti, neden renklendi?

D1: Toparlama. Tamam. Şimdi kırmızı bölgeler tepe – tepe, çukur – çukur olan yerler, karanlıklar ise tepe çukur yani sönmülenen yerler. Renklenmede, beyaz ışıpta bulunan 7 rengin ayrılması.

D1 öğrencisi ince zarda girişime dair her şeyi hatırlamaktadır. Aydınlıkların yapıcı girişim, karanlıklarında bozucu girişim sonucu oluştuğunu vurgulamıştır. Ancak D1 öğrencisi belki dikkat eksikliğinden belki de yeterince üzerinde düşünmediğinden, köpük üzerindeki renklenmeyi ışığın farklı bir ortama girdiğinde renklerine ayrılması olarak açıklamadır. Kendisine “ince zarda girişim bu olayın neresinde” şeklinde bir soru yöneltilince, bu olayın ince zarda girişim olması gerektiğini, tepe – tepe ve çukur – çukur girişimi sonucunda kırmızı bölgelerin, tepes-çukur girişimi sonunda karanlık bölgelerin oluşacağını belirtmiştir. Ancak bu söylemlerinin sonuna eklediği, “renklenme de beyaz ışıpta bulunan 7 rengin ayrılması” ifadesi D1’in konuya ilişkin geometrik optik (tanecik modeli) ile fizik optik (dalga modeli) bilgilerini harmanlayarak hibrit bir model geliştirdiği izlenimini vermektedir. Bu model ise bilimsel olarak kabul edilemeyen bir oluşumdur. Diğer deney grubu öğrencilerinde bahsedilen modele sahip öğrenciye rastlanmamıştır. D1’in geliştirdiği bu modelin öğretim sırasındaki güdülenme eksikliğinden ya da görüşme sırasında zihninde yaşadığı karmaşadan kaynaklandığı düşünülmektedir. D1 öğrencisi bilimsel olarak kabul edilemeyen ve olayı geometrik optikle açıklayan bir yanıt vermiş olsa da, kendisi ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşme D1’in hibrit modele sahip oluşunu ortaya koymuştur.

Son testte, kontrol grubu öğrencilerinin %25'i olayları ışığın hem tanecik modeli hem de dalga modeli özelliklerini bir arada kullanarak hibrit yanıt vermişlerdir. Bu yanıtlar bilimsel olarak doğru kabul edilemeyen yanıtlardır. Deney grubunda ise bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Ancak D1 öğrencisi kavramsal anlama testinde olayları geometrik optikle açıklayan kategorisinde yanıt vermiş olsa da kendisi ile yapılan görüşmenin onun hibrit model geliştirdiğini ortaya koyması unutulmamalıdır. Şu da bir gerçektir ki; kontrol grubunun %25'i gibi bir çoğunluk hibrit model geliştirmiştir. Deney grubundaki bir kişi (%5) önemsenmeyebilen bir durum olarak görülebilir, ancak kontrol grubundaki öğrencilerin %25'inin hibrit yanıt vermesi dikkatle üzerinde durulması gereken bir durumdur. Bu kategoride yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk testte, “ışının sabun köpüğünün üzerine düşerek yansımından dolayı renkli bir görünüm oluşur. Bu renkli görünüm ışınların hareketi ile yer değiştirir ince zarda girişimdir” demişsiniz. Şu an fikirlerinizde bir değişiklik var mı?

K2: Evet değişti. Ben o an sadece öyle düşündüğüm için öyle demiştim ama gerçek öyle değilmiş.

Araştırmacı: Peki! İkinci testte “Sabun köpüğünde inceden kalına doğru aydınlık karanlık bölgeler gözluyoruz. Bunun sebebi yol farkının değişmesidir. Yol farkı λ 'nın farklı katları olarak çıkıyor. Zar kalınlıklarının belli değerleri için yol farkı farklı çıkar. Işığın kırınımından dolayı beyaz ışık renklerine ayrılıyor.” şeklinde bir yanıt vermişsiniz. Işığın kırınımından dolayı derken bunu biraz daha açabilir misin? Ne düşündünüz?

K2: Ya ışık bir ince zarın üzerine geldiği zaman renklerine ayrılıyor alt tarafa geçip yani gökkuşağında gördüğümüz gibi renklerine ayrılıyor. Bu yüzden bir renklenme oluşuyor. Aslında bir deneyde yapmıştık bunu. Bir sabun köpüğünün üzerine yol farkını azaltmıştık daha böyle aşağı doğru tutmuştuk yol farkının azaldığı yerde gittikçe bir karanlık oluşmaya başlamıştı üstten baktığımızda fakat alttan baktığımızda aydınlıktı. Daha sonra bu karanlık en çok ince hale geldiği zaman en siyah halini alıp sonra patlıyordu. Yani yol farkının değişmesinden dolayı aydınlık karanlık çizgiler oluşuyor. Aydınlık – karanlık görünüm oluşuyor. Onun haricinde

de bu renklenmesinin sebebi ışığın güneş ışığının veya beyaz ışığın fark etmez gelip burada ince zarın üzerinde kırılmasından dolayı renklerine ayrılıyor ve biz bu renkleri görüyoruz.

Araştırmacı: Peki buradaki karanlıkları nasıl açıklıyorsunuz?

K2: Belli noktalarda daha ince hale gelmiş demek ki zar ve ince hale geldiği için de biz onu karanlık görüyoruz yol farkı çok küçüldüğü için.

Araştırmacı: Kalın olan bölgelerde karanlık oluşmaz mı?

K2: İncelen kısımlarda belki kalın olan kısımlarda daha sonra sabun köpüğünden dolayı hareketli bir şey çünkü gittiği zaman oraları aydınlanabilir ya da karanlıklaşabilir. Yani o an o kısım ince ise karanlık görünür.

Araştırmacı: Peki daha kalın olduğu yerlerde karanlık oluşmaz mı?

K2: İnce olduğu yerlerde karanlık vardır ancak bu üstten bakan için geçerli, alttan bakan için bunun tam tersi aydınlık görürler bu sefer.

K2 öğrencisi, olayın ince zarda girişim olduğunu, aydınlık ve karanlıkların oluşumunun zar kalınlığından etkilendiğini başarı ile açıklamıştır. Ancak sabun köpüğünün renklenmesini, güneş ışığı ya da beyaz ışığın renklerinin farklı kırılması sonucu renklerin ayrılması fikri ile açıklamaktadır. K2 ışığın dalga modeli ile tanecik modelini bir arada kullanmaktadır. K2 öğrencisine ait görüşme diyaloglarında ortaya çıkan ve önemle vurgulanması gereken bir nokta vardır. K2 öğrencisi paylaşımsız olarak gerçekleştirilen bir deneyden yanlış sonuçlar çıkarmıştır. Kontrol grubu öğretiminde deneyleri öğretmen gerçekleştirmiş, öğrenciler ise izlemiştir. Aydınlık ve karanlık saçakların inceden kalına doğru sıralandığı gösterilmiş ve nedenleri vurgulanmıştır. Köpüğün en ince olduğu yerde karanlığın oluştuğu ve köpüğün patladığı yerin karanlık gözükeceği vurgulanmıştır. K2 yeterince sorgulama yapma ve neden sonuç ilişkisi kurma fırsatı bulamadığından, yalnızca bu ince noktadaki karanlığa takılmış, öğretim sonunda yapılan görüşmede “karanlıklar yalnızca zarın ince olduğu yerde oluşur” demiştir. Oysaki öğrencilere deneyde zarın ince bölümünden kalın bölümüne doğru aydınlık karanlık bölümlerin sıralanacağı gösterilmiştir. Bu sonuç ülkemizde bu zaman kadar süre gelen geleneksel öğretim sisteminin bir eksikliğini ortaya çıkarmaktadır. Görselliğe fazlaca hitap eden bir deney bile, öğretmenin baskın otoritesi altında, öğrenci

fikirlerine değer verilmeden, paylaşımsız bir şekilde yürütüldüğünde öğrencileri kolayca yanlış anlamalara yönlendirebilmektedir.

Hibrit yanıt veren öğrencilerden biri de kontrol grubu öğrencilerinden K5' dir. Kendisi ile yapılan görüşme diyalogları aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk teste “hava kaması” demişsiniz. İkinci teste baktığımda “farklı kalınlıklardan dolayı sabun köpüğünde girişim saçakları oluşuyor, olay ince zarda girişimdir. Beyaz ışığın kırılarak renklere ayrılmasıyla farklı renkler oluşur” demişsiniz. Bu söylediklerinizi biraz açar mısınız? Mesela “hava kaması” fikrinizi hala savunuyor musunuz?

K5: Tabii ki hayır.

Araştırmacı: Peki ince zarda girişim nedir?

K5: Beyaz ışığın düşürüyorduk, burada az önceki çocukta olduğu gibi ışık geliyor yansıyor ve sabun köpüğünün içine giriyor. Sonra tekrar çıkıyor. Bu ışınlar girişim yaptığında biz o bölgeyi rengarenk görüyoruz.

Araştırmacı: Az önce aydınlık – karanlık saçakların girişim sonrasında oluştuğunu söylemiştiniz (araştırmacı testteki ilk iki soruyu kast ediyor). Şimdi ise “girişim sonucunda rengarenk bir görünüm olur” diyorsunuz. Bir çelişki var sanki!

K5: Tabii ki burada beyaz ışık var, beyaz ışığın içinde 7 renk vardı. Bu sabun köpüğünde kırılarak renklerine ayrılır. Diğerlerinde tek renkli ışık vardı. Burada ışık 7 farklı renklere ayrılır.

Araştırmacı: Neye göre yeşil görüyoruz ya da neye göre sarı görüyoruz. Bunu nasıl açıklayabiliriz?

K5: Mor mesela daha fazla kırılır. Kırmızı ise en az kırılan ışıktır. Bu kırılma farklılıklarına göre göreceğimiz bölgedeki renk değişiyor.

Araştırmacı: Yanıtınıza baktığımızda “farklı kalınlıklardan dolayı girişim saçakları oluşmuştur” diyorsunuz. Ne demek istediniz?

K5: Girişimin olabilmesi için zarın ya da işte köpüğün kalınlığının değişmesi gerekiyor.

Araştırmacı: Zar kalınlığı değişmezse ne olur?

K5: O zaman girişim olmaz herhalde. Mesela deneyde de yapmıştık. Köpük aşağı doğru akınca inceden kalına doğru gidiyordu. Ve rengarenk görmüştük köpüğün yüzeyini. Yani inceden kalına doğru gitmeli.

K5 öğrencisi sabun köpüğü üzerindeki aydınlıkları ve karanlıkları, ince zarda girişim ile açıklamıştır. Köpük üzerine düşen ışığın yansıma ve kırılma yapacağını vurgulamıştır. Bu düşünceleri bilimsel olarak doğrudur. K5 öğrencisi ancak zar kalınlığı sıfırdan başlayarak artarsa girişim olacağını aksi takdirde girişim olmayacağını söylemiştir. Ayrıca köpük üzerindeki renklenmeyi beyaz ışığın yedi renginin farklı kırılmasından kaynaklandığını söylemiştir. Dolayısıyla K5 öğrencisi de ışığın hem tanecik hem de dalga modelini kullanmaktadır.

Genel olarak bakıldığında son testte, deney grubunun yaklaşık %10'u, kontrol grubunun %35'i bilimsel olarak doğru kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir.

Son testte, deney grubu ve kontrol grubunda kodlanamaz yanıt veren ve soruyu yanıtız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

5.2.5.3 Tartışma

İnce zarda girişim, ışığın dalga modeli öğretiminde temel bir konudur. Kavramsal anlama testindeki beşinci soru öğrencilerin bu konuya ilişkin kavramsal anlamalarını ortaya çıkarmaktadır. Özellikle ince zarda girişim konusu, literatürde ışığın dalga modeli ile ilgili karşımıza çıkan çalışmalarda yer verilmeyen bir konudur. Daha önce kaynak taraması kısmında da değinildiği gibi, literatürdeki çalışmalar genel itibariyle çift ve tek yarıktaki girişim üzerine yoğunlaşmışken, bu çalışmada farklı olarak ince zarda girişim ve hava kaması gibi konular üzerinde de durulmaktadır.

Öğretim öncesi uygulanan kavramsal anlama testindeki (ön test) öğrenci yanıtlarının analizine bakıldığında, öğrencilerin büyük çoğunlukla (deney grubu öğrencilerinin %38'i, kontrol grubu öğrencilerinin %35'i) sabun köpüğünün

renklenmesi olayını, beyaz ışığın içeriğindeki yedi rengin farklı kırılması sonucu, beyaz ışığın renklerine ayrılması şeklinde açıkladıkları görülmektedir. Öğrenciler büyük çoğunlukla soruya geometrik optik bilgilerini kullanarak yanıt vermişlerdir. Bu öğretim öncesinde beklenen bir durumdur.

Ön testte, hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerinin %10'u soruya bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilecek yanıtlar vermişlerdir. Ancak daha öncede belirtildiği gibi kendileri ile yapılan görüşmeler, bu öğrencilerin konuya ilişkin bilimsel olarak doğru kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Bu öğrenciler daha önce katıldığı kurslardan dolayı ışığın dalga modeli fikrine sahiptirler.

Ön testte genel olarak, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %43'ü, kontrol grubu öğrencilerin %55'i soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Deney grubu öğrencilerinin %48'i soruyu yanıtızsız bırakırken, kontrol grubu öğrencilerinden soruyu yanıtızsız bırakan olmamıştır. Bununla birlikte, kontrol grubu öğrencilerinin %35'i kodlanamaz yanıt vermişlerdir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %57'si, kontrol grubu öğrencilerinin %25'i bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Deney grubu tam doğru yanıtlar bakımından kontrol grubunun önündedir. Genel olarak, deney grubunun %90'ı, kontrol grubunun ise %65'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilen yanıtlar vermişlerdir. Kısmen doğru yanıt veren deney grubu öğrencileri ile yapılan görüşmeler sonunda aslında bilimsel anlamda tam doğru düşündükleri ancak testte yanıt verirken nitelik bakımından zayıf açıklamalar yaptıkları ortaya çıkarılmıştır. Kısmen doğru yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinde ise kavram yanlışlarına rastlandığı unutulmamalıdır. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren K3 öğrencisi ve bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren K1 öğrencisi özellikle, zar üzerinde neye göre renklenmenin olduğu konusuna açıklık getirememişlerdir. Zar kalınlığının girişime etkisi konusunda açıklama getirememişlerdir. Bu durum öğretim bakımından önemli bir bulgudur. Öğretim aşamalarında yol farkı – zar kalınlığı, yol farkı – dalga boyu ilişkileri üzerinde önemle durulmalıdır.

Öğretim sonunda ortaya çıkan en önemli sonuçlardan biri de kontrol grubu öğrencilerinin %25'inin sabun köpüğündeki renklenmeyi açıklamak için hibrit model geliştirmeleridir. Örneğin K2 öğrencisi, ışığın köpük üzerinde girişim yaptığını, aydınlıkların yapıcı girişim, karanlıkların bozucu girişim sonunda meydana geldiğini belirtmesine rağmen, köpüğün renklenmesi olayını, ışığın renklerine ayrılması olarak açıklamıştır. Işığın tanecik modeli ile dalga modelini bir arada kullanmaktadır. Ortaya çıkan bu durum öğrencinin yeterince tatmin olmadığında ona kolay gelen eski bilgilerini kullanmaya devam ettiğini göstermektedir.

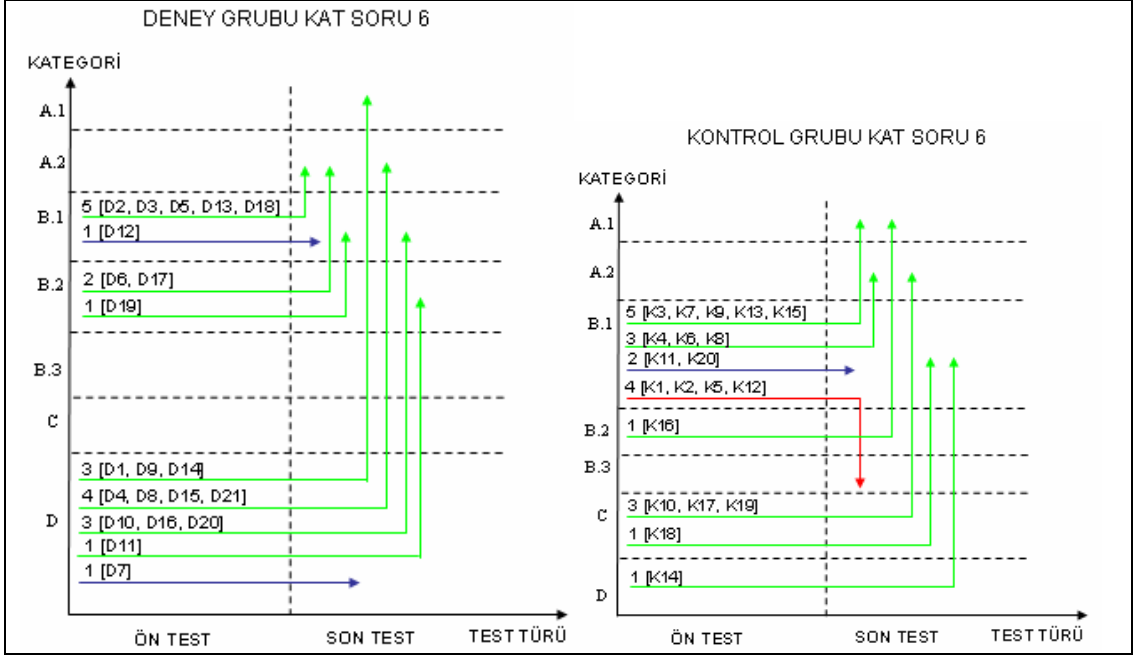
K2 öğrencisine ait görüşme diyalogları önemle vurgulanması gereken bir noktayı ortaya çıkarmıştır. Kontrol grubu öğrencilerinden K2, paylaşımsız olarak gerçekleştirilen bir deneyden yanlış sonuçlar çıkarmıştır. Öğretmen, kalınlığı sıfırdan başlayarak artan bir zar üzerinde aydınlık – karanlık bölgelerin oluştuğunu gösterdikten sonra zarın inceliyor patladığı yerin karanlık gözükeceğini göstermiştir. K2 öğrencisi ilk deney üzerinde neden sonuç ilişkilerini kurma fırsatı bulamamış ve öğretim sonrası yapılan görüşmede, “karanlıklar sadece zarın ince olduğu yerde oluşur” şeklinde bir görüş ileri sürmüştür. Oysaki bir önceki deneyde aydınlık ve karanlıkların çeşitli zar kalınlıklarında sıralandığını görmüştür. Bu durum, görselliğe oldukça fazla hitap eden bir deneyin bile, öğrenci fikirlerine değer verilmeden paylaşımsız bir şekilde gerçekleştirildiğinde kolaylıkla yanlış anlamalara yol açabileceğini göstermiştir.

5.2.6 Kavramsal Anlama Testindeki 6.Soruya Ait Bulgular

Kavramsal anlama testinin altıncı sorusu daha öncede belirtildiği gibi öğrencilerin hava kamasında girişim ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Verilerin Analizi bölümünde açıklandığı gibi öğrencilerin yanıtları kategorize edilmiş ve Tablo 5.8 oluşturulmuştur.

Tablo 5.8: Öğrencilerin 6. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları

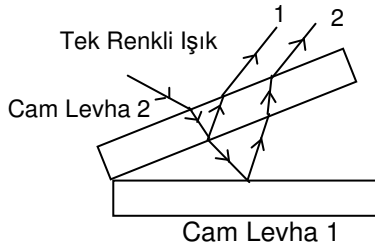
YANIT TÜRLERİ	DENEY GRUBU		KONTROL GRUBU	
	Ön Test n (%)	Son test n (%)	Ön Test n (%)	Son Test n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar				
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt				
“Tek renkli ışık cam yüzeyinde yansıma ve kırılmaya uğrar. Bu ışınların girişimi sonucunda cam yüzeyinde girişim deseni oluşur. Işık dalgalarının birbirini kuvvetlendirdikleri noktalar aydınlık, sönmüledikleri noktalarda karanlıktır. Cam levhalar arasındaki hava boşluğu kalınlığı değiştiğinden dolayı yol farkı değişir. Değişen yol farkı belli noktalarda dalga boyunun tam katlarına, belli noktalarda ise yarım dalga boyunun tek katlarına eşit olur. Bu nedenle aydınlık ve karanlık saçaklar cam yüzeyinde sıralanırlar.”	0	3 (14,28)	0	6 (30,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Bu hava kamasında girişim olaydır. İki cam levha arasındaki ufak boşluktaki hava girişime neden olur ve aydınlık – karanlık saçaklar görülür.” ➤ “Bu olay hava kamasında girişim ile açıklanır. Cam levhalar arasındaki ince kağıdın bulunduğu bölümde aydınlık karanlık saçaklar görülür.” ➤ “Kağıt parçası kullanarak, sıfırdan başlayarak artan bir hava boşluğu elde ediliyor. Işık düşürüldüğünde girişimden dolayı aydınlık karanlık saçaklar oluşuyor. Beyaz ışıkla aydınlatılırsa camın yüzeyi rengarenk görülür.” ➤ “İki cam levha arasındaki hava boşluğu girişim saçaklarının oluşmasını sağlar” 	0	11 (52,38)	0	6 (30,00)
Ara Toplam 1	0	14 (66,66)	0	12 (60,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				
1.1 Işığın dalga modeline ilişkin ifadeler içeren yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Işık kırınıma uğramıştır” ➤ Hava kamasıdır, camın üzerinde bastırıp kağıt parçasının incilmesi sağlanırsa görüntü değişir.” ➤ “Olay hava kamasıdır. Hava kalınlığı gittikçe artmaktadır. Burada kırılmalar ve yansımlar vardır” ➤ “Hava kamasıdır” ➤ “Hava kamasıdır- ince zarda girişimdir” ➤ “Bu olay hava kaması ile açıklanır, ışık düşürüldüğünde aydınlık karanlık çizgiler oluşur” 	6 (28,57)	5 (23,80)	14 (70,00)	4 (20,00)
1.2 Olayları Geometrik Optikle Açıklayan Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Bu olay ışık ışınlarının kırılmasından dolayı olur, ışınların kırıldığı yerler karanlık, yansıdığı yerler aydınlık olur.” ➤ “Işık kırılarak üstteki camın belli bir kısımlarını aydınlatarak belli kısımlarını aydınlatamaz.” 	3 (14,28)	1 (4,76)	1 (5,00)	0
1.3 Hava kamasının küçük cisimlerin kalınlığını ölçmek için kullanılan bir araç olduğunu vurgulayan yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “İki cam levha arasındaki cismin kalınlığını belirlemeyi sağlar.” 	0	0	0	4 (20,00)
Ara Toplam 2	9 (42,85)	6 (28,57)	15 (75,00)	8 (40,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	0	0	4 (20,00)	0
D. Yantısız	12 (57,14)	1 (4,76)	1 (5,00)	0
TOPLAM	21 (100)	21 (100)	20 (100)	20 (100)



Şekil 5.12: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 6.soruya ait fikirlerinin gelişimi

Kavramsal anlama testindeki altıncı soru, öğrencilerin hava kamasında ışığın girişimi konusu ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Literatürde ışığın dalga modeli ile ilgili yapılan çalışmalar, ışığın tek ve çift yarıktaki girişimine odaklanmıştır. Bu bakımdan bu soruya ait bulgular araştırma, aynı zamanda literatür için önem arz etmektedir.

Testte, cam levhanın birer uçlarının sabitlendiği, diğer uçları arasında bir kağıt parçasının konulduğu ve bu sistem üzerine tek renkli ışık düşürüldüğü durum verilmiş, öğrencilerden cam levhanın üzerinde görülen aydınlık ve karanlık çizgilerin oluşma sebebi istenmiştir.



Şekil 5.13: Tek renkli ışığın hava kamasındaki yansımaya ve kırılma durumları

Hava kamasına düşürülen tek renkli ışık, cam levhalarda ve cam levhalar arasındaki hava boşluğunda Şekil 5.13'deki gibi ilerlemektedir. Işığın yansıma ve kırılmalarının ardından 1 ve 2 ışınlarının girişimi sonunda aydınlık ve karanlık saçaklar meydana gelmektedir. 1 ve 2 ışınlarının yapıcı girişimleri sonunda (tepe – tepe ya da çukur – çukur) aydınlıklar, bozucu girişimleri sonucunda (tepe – çukur) karanlıklar meydana gelmektedir. 1 ve 2 ışınları arasında yol farkı meydana gelmektedir ve bu yol farkı o noktadaki hava kalınlığına bağlıdır. Hava boşluğu kalınlığı sıfırdan başlayarak artırıldığı için yol farkı sürekli olarak değişmektedir. Belli noktalarda yol farkı dalga boyunun tam katlarına, belli noktalarda ise yarım dalga boyunun tek katlarına denk gelmektedir. Dolayısıyla aydınlık – karanlık saçaklar cam levha 2 üzerinde sıralanmaktadır. Bu olay ışığın dalga modeli ile açıklanabilmektedir.

5.2.6.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön testte, deney ve kontrol grubu öğrencilerinden bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %29'u, kontrol grubu öğrencilerinin %70'i bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeline ilişkin ifadeler içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrenciler daha önce katıldıkları kurstan ve kendi öğretmenlerinin gerçekleştirdiği öğretimden dolayı ışığın dalga modeli fikrine sahiptirler. Ancak yanıtları geçerli bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermektedir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İki cam levha arasına bir kağıt parçası koyduğumuzda ve bunun üzerine ışık düşürdüğümüzde aydınlık karanlık bölgeler oluşuyordu. Yanıt olarak "hava kaması olayıdır" demişsiniz. Nedir hava kaması olayı?

D2: Benim bildiğim kadarıyla saç telleri yardımıyla yapılan bir düzenektir. Tam olarak işlevinin ne olduğunu bilmiyorum. Muhakkak yine ışığın girişimine dayanan

bir şey olsa gerek, ışığın renklenmesi. Aradaki ince hava tabakasının da bir özelliği olması lazım.

Araştırmacı: Nasıl olabilir?

D2: Işık ışınları farklı girişim yaptıklarından oralara ışık çarpmamış olabilir. Yok hocam ben bir şey söylemeyeyim. Emin değilim çünkü. Daha doğrusu hiçbirinden emin değilim.

D2 öğrencisi daha önceki sorularda olduğu gibi, ışığın dalga modeli fikrine ait ifadeler kullanmaktadır. Ancak olayı nitelikli bir şekilde açıklayamamaktadır. Kendisinin de emin olduğu doğru bir kavramsal anlamaya sahip değildir.

Araştırmacı: İki tane cam levhamız vardı. Aralarına küçük bir kağıt parçası koymuşuz bunların üzerine bir ışık düşürdüğümüzde...

D3: İşte bu hava kaması.

Araştırmacı: Nedir hava kaması?

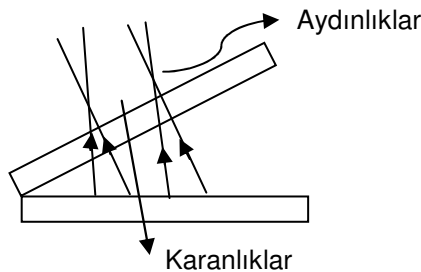
D3: Bu cam levhalar ile kurulan şeye hava kaması demiştik.

Araştırmacı: “Işınlar cam arasındaki havadan geçerken kırılmaya uğrarlar bu nedenle ışınlar üst üste gelir böylece şeklindeki görüntü oluşur” demişsiniz. “üst üste gelme” ifadesi ile ne kastettiniz?

D3: Onlarda mesela yan yana ışınlar geliyor bir noktadan ikisi üst üste geldiği zaman yani her ikişer ikişer üst üste geldikleri zaman. Aralarda kalanlarda karanlık oluyor.

Araştırmacı: Çizebilir misiniz?

İ: Evet.



Şekil 5.14: D3 öğrencisinin hava kamasını açıklarken kullandığı çizim

Araştırmacı: “Üst üste gelme” ifadesinden kastınız, buradaki ışınların kesişmesi mi?

D3: Evet.

D3 öğrencisinin kavramsal anlama testindeki altıncı soruya yanıt verirken kullandığı “üst üste gelme” ifadesi, kendisinin ışığın dalga modeli fikrine sahip olduğu izlenimini uyandırsa da, kendisi ile yapılan öğretim öncesi görüşme, D3’ün aslında olayı geometrik optik bilgileri ile açıkladığı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. D3 Şekil 5.14’de görüldüğü gibi, cam yüzeyinden yansıyan ışınların bazı noktalarda kesişerek aydınlıkları oluşturacağını ve bunlar arasında kalan bölgelerin karanlık gözükeceğini düşünmektedir.

Araştırmacı: Diğer sorumuza “hava kaması” demişsiniz. Bir de ok koymuşsunuz, sonra “ince zarda girişim” demişsiniz. Bu ikisi arasındaki ilişkiyi anlayamadım. Biraz daha açabilir miyiz?

D5: Dedim ya ne oldukları konusunda bir fikrim yok. Sadece adlarını hatırlıyorum. Bu camın adı hava kaması olmalı.

Araştırmacı: Neden peki ok koyarak, ince zarda girişim yazdınız?

D5: Yanıtlarken bunun ikisinden biri olması gerektiğini düşünmüştüm. Yani hatırlayamadığım için ikisini de yazdım.

Araştırmacı: Şu an bu sistemin hava kaması olduğundan emin misiniz?

D5: Evet, sınavdan sonra defterime baktım.

D5 öğrencisi soruyu yanıtlarken, sistemin sadece adını hatırlayabilmiştir. Önceki sorularda olduğu gibi bu soruda da sadece sistemlerin adını hatırladığını, olayın teorik kısmını hatırlamadığını söylemiştir.

Araştırmacı: Diğer bir soruda, “iki cam levhanın arasına ince bir kağıt parçası koyup üstten ışık gönderdiğimizde aydınlık karanlık bölgeler oluşuyor” bunu nasıl açıklarsınız demiştik. Olayı “hava kaması” olarak açıklamışsınız. Hava kaması nedir?

K1: Ben genelde hava kamasını ince kağıt parçasıyla değil de iki cam arasına bir saç teli konularak diye öğrenmiştim.

Araştırmacı: Bu çok önemli değil asıl olan iki cam arasında ince bir nesnenin olmasıdır. Peki bu karanlık ve aydınlıklar nasıl böyle oluşuyor?

K1: Işıklar geçerken herhalde tam bilemiyorum.

Araştırmacı: Işıklar geçerken?

K1: Hatırlamıyorum hocam.

Araştırmacı: Ne olabilir peki?

K1: Sınavda da çok düşündüm ama hocam bir anlam veremedim.

K1 öğrencisinin de fikirleri ışığın dalga modelinden hayli uzak gözükmektedir. Öğrenciler daha önce konu ile ilgili öğretim aldıklarından dolayı, ön fikirlerin özgürlüğü kısıtlanmaktadır. Öğrenci aklına gelen bir fikir olsa da, fikrinin doğru olmadığını bildiği için açıklama yapmak istememektedir.

Araştırmacı: İki cam levhamız var. Bu levhaların arasına ince bir kağıt parçası koyuyorduk ve cama üstten tek renkli ışık gönderiyorduk. Buna “hava kaması” demişsiniz. Hava kaması nedir?

K2: İki tane cam levha var bunun arasına kalınlığı ölçülebilecek bir madde konuyor o zaman hava kaması oluşuyor. Hatta saç teli konuluyor galiba.

Araştırmacı: Peki bu aydınlık ve karanlıklar nasıl oluşuyor?

K2: Şimdi burada araya cisim koyduğumuz zaman mesela buradan gelmeyle buradan gelme arasında fark oluyor çünkü bir kalınlık var. Bir kalınlık olduysa da bu şeylerin aydınlık karanlık olmasının sebebi de bir kalından bir inceden gelmesi falan değil mi? İşte bu yüzden burada kalınlaştığı için karanlık ortam oluşuyor aydınlık ortam oluşuyor yani

Araştırmacı: Tamam. Diyelim bir yer kalın diğer yer ince, neyi değiştirir ki bu?

K2: Kapatıyordur diğerinin önünü belki oluyordur ama sonra başka bir şey gelip onun önünü kapatıyordur.

Araştırmacı: Başka bir şey dediğiniz nedir?

K2: Saç teli olabilir.

Araştırmacı: Saç teli en uçta değil mi?

K2: Evet kapatamaz...

K2 öğrencisi hava boşluğunun giderek kalınlaşmasının durumu etkileyeceğini düşünmektedir. Bu bilimsel olarak doğrudur. Çünkü hava boşluğu kalınlığı yol farkını değiştirmekte ve girişim desenini etkilemektedir. Ancak K2 öğrencisinin

görüşleri bu yönde değildir. Işığın dalga modeli fikrini içeren bir görüşü bulunmamaktadır. Yalnızca sezgisel olarak kalınlığın değişmesinin, bu görüntüyü oluşturacağı fikrine sahiptir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan K3, K4 ve K5 öğrencileri de durumu hatırlayamadıkları yönünde yanıtlar vermişlerdir.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %14'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %5'i olayları geometrik optik bilgileri ile açıklayan ve bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrencilere ait yanıtlar tabloda görülmektedir. Öğrenciler genel olarak ışığın kırılarak belli noktaları aydınlatıp belli noktaları aydınlatamayacağı yönünde yanıt vermişlerdir.

Genel olarak bakıldığında ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %43'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %75'i bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir.

Ön testte, kontrol grubu öğrencilerinin %20'si kodlanamaz yanıtlar verirken, öğrencilerin %5'i soruyu yanıtı bırakmıştır. Deney grubunda kodlanamaz yanıt veren öğrenci bulunmamakla birlikte, öğrencilerin yaklaşık %57'si soruyu yanıtı bırakmıştır.

5.2.6.2 Öğrencilerin Son Testte Verdikleri Yanıtların Analizi

Öğretim sonunda uygulanan son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %14'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u soruya bilimsel olarak tam doğru yanıtlar vermişlerdir. Sayısal verilere göre kontrol grubu tam doğru yanıtlar bakımından önde görülmektedir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk teste baktığımızda 6.soruya her hangi bir yanıtınız olmamış. İkinci teste baktığımızda, "cam levhalar arasında havanın kalınlığının değişmesiyle bir girişim deseni gözlenir havanın az olduğu kısımda karanlık bir bölge ve onun

devamında düzenli karanlık ve aydınlık bölgeler gözlenir” şeklinde yanıtınız olmuş. Aydınlık – karanlık bölgeler nasıl oluşuyor?

D1: Burada da yine ışığın girişimi var. Tepe – tepe üst üste geldiğinde aydınlık oluşuyor daha önce anlatmıştım zaten.

Araştırmacı: Girişimi anlatabilir misiniz bana biraz?

D1: Hava kamasında hava boşluğu sıfırdan başlayarak artıyordu. Buda aydınlık karanlıkların düzenli bir şekilde sıralanmasını sağlıyordu. Aynı zamanda mesela ışık tepe olarak geliyordu dönüyordu, sonra tekrar dönüyordu falan. Girişim yapıyordu. Bu aydınlık karanlık saçaklar oluşuyordu. Yine mesela kuvvetlendirince aydınlık oluyordu. Sönümlerse de karanlık oluyordu.

Araştırmacı: Bu sisteme beyaz ışık düşürürsek ne olur sence burada?

D1: Beyaz ışık düşürürsek herhalde renklenme olur.

Araştırmacı: Nasıl bir renklenme olur?

D1: Renkler sıralanır galiba.

Araştırmacı: Biraz daha açabilir misiniz?

D1: Güneş ışığının renklerine ayrılması gibi yani. Renklenmeler görülür. Sabun köpüğündeki gibi.

D1 öğrencisi hava kamasında girişim olayını başarı ile açıklamıştır. Yapıcı girişim sonunda aydınlıkların, bozucu girişim sonunda karanlıkların oluşacağını belirtmiştir. Hava kaması kalınlığının bu deseni etkileyeceğini belirtmiştir. Hatırlanacak olursa, önceki soruda da sabun köpüğünde girişimi başarı ile açıklamış ancak sabun köpüğünün renklenmesi olayını ışığın farklı ortama girdiğinde renklerin farklı kırılması sonucunda renklerin ayrılması şeklinde açıklamıştır. Bundan dolayı araştırmacı, hava kamasında girişimi başarı ile açıklayan D1 öğrencisine, “hava kaması sistemi beyaz ışıkla aydınlatılırsa ne olur” sorusunu yöneltme ihtiyacı hissetmiştir. D1 öğrencisi önceki soruda olduğu gibi, hava kamasına beyaz ışık düşürüldüğünde camın renkleneceğini, bunun da ışığın renklerine ayrılması ile olacağını düşünmektedir. Bu bilimsel olarak kabul edilemeyen bir durumdur. Ancak D1 öğrencisi girişim konusundaki fikirlerini bilimsel görüşe doğru değiştirmiştir. Renklenme konusundaki fikirleri ise geometrik optik çerçevesinde ışığın dalga modeli fikrine direnmiştir.

Araştırmacı: İki cam levha arasına bir kağıt parçası koyduk. Cam levhanın üzerine tek ışık tuttuğumuzda aydınlık - karanlık bölgeler oluşmuştu. Bunu nasıl açıklarsınız diye sormuştuk. İlk testte buna “hava kaması” şeklinde yanıt vermişsiniz. İkinci testte ise “Bu hava kamasıdır ve hava kaması; iki cam levha arasına konan cismin kalınlığını belirlemede kullanılan bir araçtır. Hava boşluğunun farklı kalınlıklarında olmasının sonucu girişim deseni oluşur” demişsiniz. Hava boşluğu derken neyi kastediyorsunuz?

K3: İki cam levha arasındaki boşluğu.

Araştırmacı: Aydınlık karanlıkların oluşmasının sebebi nedir?

K3: Ya orada iki cam levha arasına kağıt parçası ya da saç koymuştuk mesela orada yine faz farkı mı desem yok değil olamaz ya farklı kalınlıklar oluşuyordu yine farklı hava boşluklarının oralardaki kalınlıkları onlar yine girişim deseni oluşturup karanlıkları ve aydınlıkları oluşturuyordu.

Araştırmacı: Girişim desenini oluşturan hava boşlukları mı?

K3: Yani cam levhanın arasına koyduğumuzda kağıt veya başka bir şey onların oluşturduğu hava boşluğu ile kağıt parçasının oluşturduğu boşluk. Orada bir boşluk var üzerine ışığı düşürüyoruz sonra aydınlık karanlık saçaklar oluşuyor.

Araştırmacı: Burada bir girişim deseninden bahsediyorsunuz. Girişim nedir? Neden oluşur?

K3: Işınlar o cam levhadan kırılıyordu. Kırılan o ışınlar böyle saçaklarla girişim deseni oluşturup saçak meydana getiriyorlar.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçaklar nasıl oluşuyor?

K3: Tepe – tepe üst üste geliyor, çukur – çukur mesela aydınlık oluşuyor. Tepe – çukur gelince de karanlık oluşuyor.

Araştırmacı: Bu sistemi beyaz ışıkla aydınlatırsak nasıl bir görüntü oluşur?

K3: Renkli gözükür.

Araştırmacı: Neden?

K3: Farklı kalınlıklarda farklı renkler gözükmeli.

Araştırmacı: Neden?

K3: Bilemiyorum. Ama deneyini yapmıştık. Renkli gözükmişti.

Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren K3 öğrencisi, hava kaması üzerinde görülen girişim desenini başarı ile açıklamıştır. Ancak önceki soruda sabun

köpüğünün renklenmesi olayını açıklayamadığı gibi, hava kaması üzerine beyaz ışık düşürüldüğünde camın renkli gözükeceğini söylemekte ancak bu durumu açıklayamamaktadır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %52'si, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermişlerdir. Öğretim sonrası uygulanan son testte öğrencilerin verdikleri kısmi yanıtlar genelde benzeşmiştir. Dolayısıyla bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar alt kategorilere ayrılmamıştır. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk testte bu soru için “hava kaması” şeklinde yanıtınız olmuştu. Şimdi baktığımızda ise “Hava kaması olayıdır. Girişim deseni oluşmuştur. Desende aydınlık ve karanlık saçaklar oluşmuştur demişsiniz. Bunu biraz daha açabilir misiniz?

D2: Normalde yine burada ışığın dalga modeli ile açıklanan bir şey bu. Bir girişim olayında bir kırılma ve yansıma var bunda da var. Ondan dolayı oluşuyor diye düşündüm de ben tam olarak açıklayamadım.

Araştırmacı: Aydınlık ve karanlık bölgelerin oluşmasının sebebini açıklayabilir misin?

D2: Aydınlık neden çünkü orada tepe – tepe karşılaşmış. Karanlık da ise ışık gelmemiş oraya birinin tepesi diğerinin çukuru ile karşılaşmış orada ve birbirini sönmülmüş.

Araştırmacı: Peki bu aydınlık ve karanlıkların muntazam bir şekilde sıralı olarak oluşmasının sebebi nedir?

D2: Burada yine diğerlerinde olduğu gibi bizim formüllerimiz vardı. O yüzden λ 'nın katlarına göre ayarlıyorduk. Burada da onun gibi λ 'nın tek katı çift katı olduğunda ayrı ayrı renklenmeler oluşuyor. Böylelikle bir aydınlık bir karanlık gözlenmiş oluyor.

Araştırmacı: Peki cam levhaların arasına neden bir cisim koyuyoruz?

D2: Orada bir kalınlık sağlamak için galiba bilemiyorum.

Araştırmacı: Bu sistemi beyaz ışıkla aydınlatırsak ne olur sizce?

D2: Renkli gözüdür. Her rengin farklı dalga boyu olduğundan, yol farkı dalga boyu ilişkisinden dolayı belli noktalarda belli renkler görülür.

D2 olayın ışığın dalga modeli ile açıklanacağı fikrine sahiptir. Yansıyan ve kırılan ışınların girişimi olayından bahsetmiştir. Aydınlık ve karanlık saçakların oluşmasının nedeni olarak yapıcı ve bozucu girişimi göstermiştir. Aynı zamanda hava kamasının beyaz ışık ile aydınlatıldığında renkli gözükeceğini ve bunun dalga boyu yol farkı ilişkisinden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu ifadeleri fikirlerinin bilimsel görüşe doğru değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ancak aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde sıralanmaları konusuna açıklık getirememiştir.

Araştırmacı: İlk testte “Hava kaması. Işınlar camlar arasındaki havadan geçerken kırılmaya uğrarlar bu nedenle ışınlar üst üste gelir böylece şekildeki görüntü oluşur” demiştiniz. İkinci teste bakarsak “Bu olay hava kamasıdır, ışınlar iki cam levha arasından geçerken ortam değiştirdiği için faz farkı oluşturur. Bu nedenle ışık camdan tepe, çukur ve benzeri şekilde çıkar bunun sonucunda şekildeki görüntü oluşur” demişsiniz. “ve benzeri” derken neyi kastediyorsunuz?

D3: Yani tepe-tepe, çukur-çukur ya da tepe-çukur şeklinde çıkabilir.

Araştırmacı: Bu aydınlık ve karanlık bölgelerin oluşumu tepe çukur çıkmasından dolayı mı oluyor?

D3: Tepe, çukur derken mesela tepe-tepe çıkıyor aydınlık oluyor, çukur-çukur çıkıyor aydınlık oluyor, tepe-çukur çıkıyor karanlık oluyor o şekilde düşündüm yani. Yine girişim olayı gibi. Burada da yine bir girişim var.

Araştırmacı: Peki cam levhaların arasına neden kağıt parçası ya da saç teli koyuyoruz?

D3: İki cam arasında bir hava boşluğu oluşturmak için.

Araştırmacı: Peki ilk görüşmemiz ile şimdiki arasında düşünceleriniz bakımında fark var. Örneğin bana bu şekilde bir şekil (Araştırmacı Şekil 5.14’ü gösteriyor) çizmiştiniz. Şu an hala bu şekilde düşünüyor musunuz?

D3: O zaman tabii konuyu bilmediğim için aklıma yatkın olanı söyledim. Şu an hava kamasının bu gösterdiğim gibi olmadığını biliyorum.

Araştırmacı: Aydınlik karanlık saçakların oluşumunu anlattınız. Peki bu aydınlık karanlık saçakların cam üzerinde muntazam bir şekilde sıralanması neden sizce?

D3: Yol farkı değişiyor. Işık geldi mesela, içeri girdi, yansıdı ve geri geldi. Yol farkı $2d$ oldu(Öğrencinin söz ettiği d hava kaması kalınlığıdır). Üstten bakılınca bir de $\frac{\lambda}{2}$

lik faz farkı oluşur. Yol farkı $2d + \frac{\lambda}{2}$ olur. Kalınlık değişince yol farkı değişir o yüzden.

Araştırmacı: Devam edelim. “Kalınlık değişince yol farkı değişir” ama neden aydınlık karanlık saçaklar sıralanır?

D3: Aydınlik saçak oluşma şartı yol farkının dalga boyunun katlarına eşit olduğu zaman gerçekleşir. $2d + \frac{\lambda}{2}$ ifadesi kalınlık değiştikçe değişir ve belli durumlarda dalga boyu katlarına eşit olur. Aydınlik olur.

Araştırmacı: Bu sistemi beyaz ışık ile aydınlatırsak ne olur?

D3: beyaz ışığın içindeki renkler gözüdür. Sıralanır. Deneyi de yapmıştık. Orada öyle olmuştu.

Araştırmacı: Nedeni konusunda fikriniz var mı?

D3: Az önce söylemişim hani yol farkı değişir diye. Bu yol farkı bazı noktalara öyle denk gelmiştir ki mesela kırmızı diyelim 6000 \AA olsun. 6000 \AA un tam katına eşit olmuştur. Bazı zamanlarda da mesela yeşilin tam katlarına eşit olmuştur. Bu şekilde sıralanmıştır.

D3 öğrencisi öğretim sonunda uygulanan kavramsal anlama testinde bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermiştir. Ancak kendisi ile gerçekleştiren son görüşme bazı anlatım hataları dışında, fikirlerinin bilimsel olarak tam doğru olduğunu göstermiştir. Hava kamasında ışığın girişimini, aydınlık – karanlık saçakların oluşma şartını, aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerindeki muntazam sıralanışlarını başarı ile açıklamıştır. Ayrıca kama üzerine beyaz ışık düşürüldüğünde, cam levha yüzeyinin renkli gözükeceğini ve bu renklerin oluşumunun dalga boyu ve yol farkı ilişkisine göre olacağını belirtmiştir.

Araştırmacı: İlk testte “hava kaması → ince zarda girişim” şeklinde bir yanıtınız olmuştu. Görüşmemizde sadece isimlerini hatırladığınızı, olayları açıklayamayacağınızı söylemiştiniz. Şimdiki yanıtı baktığımızda “bu olayı hava kaması ile açıklayabiliriz, cam levhaların arasındaki uzaklık ne kadar az olursa, görünen aydınlık karanlık çizgilerin netliği artar. Ama orada daha çok hava olursa sadece rengarenk dalgalanmalar görürüz” şeklinde bir yanıtın olduğunu görüyoruz. Bu yanıtı biraz daha açabilir misiniz?

D5: Burada yine girişim var. Yansıyan kırılan ışınlar girişim yapıyorlar. Deney düzeneğine parmağımızla bastırmıştık. Daha net ve kalın çizgiler görmüştük.

Araştırmacı: Daha çok hava olursa derken neyi kastediyorsunuz?

D5: Parmağımızı bıraktığımızda böyle yuvarlak dalgalanmalar olmuştu onlardan bahsettim.

(öğrenci söyledikleri ile çalışmanın eksiklerinden birini vurgulamıştır. Hava kamalarından bazıları düzgün dağılmış saçaklar vermemiş, dalgalanmış aydınlık karanlık saçaklar vermiştir, ancak elle kuvvet uygulayarak bu saçakların düzgün dağılması sağlanabilmiştir)

Araştırmacı: Kağıt parçasının fonksiyonu ne?

D5: Hava kamasında böyle bir nesne olması gerekiyordu. Mesela bazen saç teli koyuyorduk. İnceden kalına doğru boşluk oluşturuyordu. Hava boşluğu.

Araştırmacı: Aydınlık karanlık saçakların cam üzerinde dizilmelerinin sebebi nedir?

D5: Kalınlığın değişiklik göstermesi sonucu, yol farkı, $2d + \frac{\lambda}{2}$ dediğimiz yol farkı değişince bu dizilim gerçekleşiyor. Yol farkı değiştikçe bir sönümlüyor, bir kuvvetlendiriyor. Bir karanlık bir aydınlık oluşturuyor.

Araştırmacı: Bu sistemi beyaz ışık ile aydınlatsak, ne gerçekleşirdi?

D5: Renkli gözükürdü. Bu olayı deneyde de gördük. Mordan başlıyor dalga boyu küçük olduğundan, kırmızıya doğru gidiyor. Tabi siyah da var. Sonra yeniden mor başlıyor. Dalga boyuna göre.

D5 öğrencisi de son testte kısmi yanıt vermiş olmasına rağmen, kendisinin nitelik bakımından zayıf yanıt verdiği, aslında görüşlerinin bilimsel görüşle uyum içinde olduğu sonucu görüşme ile ortaya konmuştur. D5 araştırmacının beklentilerinin üzerinde yanıtlar vermiştir. Hava kamasında ışığın girişimini,

aydınlık – karanlık saçakları ve bunların levha üzerindeki dizilimini başarı ile açıklamıştır. Ayrıca hava kaması beyaz ışıkla aydınlatıldığında cam yüzeyinin renkleneceğini ve bu renklenmenin yol farkı dalga boyu ilişkisine bağlı olarak gerçekleşeceğini de vurgulamıştır.

Araştırmacı: İlk testte “hava kaması mikroda oluşan bir olaydır” şeklinde yanıt vermiştiniz. İkinci testte ise “hava kaması olayıdır. Aradaki uzaklığın değişmesinden dolayı gelen ışınlar arasında faz farkı oluşur. Böylece aydınlık ve karanlık saçaklar oluşur” şeklinde yanıt vermişsiniz. Bu yanıtını biraz daha açabilir misiniz?

K4: Burada cama gelen ışınlar içeriye girer ve yansıyor. Bunlar arasında faz farkı oluşuyor. Tepe çukur vardı dönüyordu cama çarpınca. Bu yüzden aydınlık karanlık saçaklar oluşuyor.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçaklar faz farkından dolayı mı oluşuyor?

K4: İşte yansıyan ve içeriye giren ışınlar arasında faz farkı oluşuyordu. Mesela biri tepe ise diğeri çukur oluşuyordu. Yol farkından yola çıkarak aydınlık karanlık saçaklar oluşuyordu.

Araştırmacı: Yol farkı nasıl hesaplanır burada?

K4: Yol farkından havanın kalınlığı bulunur. Üstten bakan ve alttan bakan için farklıdır ama. Mesela üstten bakan için $2d + \frac{\lambda_{zar}}{2}$ dir. Alttan bakan da $\frac{\lambda_{zar}}{2}$ olmaz. Sadece $2d$ olur.

Araştırmacı: Bu söylediğin fark neden kaynaklanıyor?

K4: $\frac{\lambda_{zar}}{2}$ farklılığı mı?

Araştırmacı: Evet. Neden farklı.

K4: Burada yukarıdaki 2 ışık vardı. Onlar arasında faz farkı oluşuyor, altta iki ışık var. Onlar arasında faz farkı yok. O yüzden...

Araştırmacı: Burada niye kağıt koyuyoruz. Kağıt koymasak ne olurdu?

K4: Kağıt bildiğim kadarıyla zar kalınlığının düzgün olarak değişmesini sağlıyor. Zar kalınlığı gittikçe artıyor.

Araştırmacı: Neden ihtiyaç duyalım ki gittikçe artan hava kalınlığına?

K4: Neden ihtiyaç duyuyoruz... ama bence hava kamasının oluşması için şartlardan bir tanesi. Yani hava kaması böyle oluyor. Mesela sorularda saç teli koymuştuk. Yani bir şey konulur.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçaklar sizce neden cam levha üzerinde diziliyorlar?

K4: Neden diziliyor? Şu an aklıma gelmiyor.

Araştırmacı: Bu sistemi beyaz ışık ile aydınlatsak ne olurdu?

K4: Renk renk gözükürdü. Bu olayı deneyimizde de görebiliyoruz. Renkler böyle dizildiler.

Araştırmacı: Neye göre dizilirler?

K4: Dalga boyuna göre. Küçük dalga boyu olan önce gözükür. Mor gözükür sonra kırmızı gözükür.

Araştırmacı: Neden?

K4: Nedenini hatırlamıyorum. Ancak deneyde böyle olmuştu.

K4'in fikirleri genel olarak bilimsel görüşe doğru değişmiştir. Ancak bir önceki soruda sabun köpüğü üzerindeki renklenmeyi başarı ile açıklamasına rağmen, hava kamasındaki renklenmenin nedenini açıklayamamıştır. Ayrıca aydınlık – karanlık saçakların neden ardışık bir biçimde cam levha üzerinde dizildiklerini açıklayamamıştır.

Genel olarak bakıldığında deney grubu öğrencilerinin %67'si, kontrol grubu öğrencilerinin %60'ı soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir.

Son testte deney grubu öğrencilerinin %24'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %20'si soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeline ilişkin ifadeler içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %5'i soruya geometrik optik bilgilerini kullanarak yanıt vermişlerdir. Kontrol grubunda ise bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte, kontrol grubu öğrencilerinin %20'i bilimsel olarak kabul edilemeyen ve hava kamasının cisimlerin kalınlığını ölçmek için kullanılan bir araç olduğunu vurgulayan yanıtlar vermişlerdir. Deney grubunda bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Araştırmacı: İlk testte “hava kamasıdır” şeklinde bir yanıtınız olmuştu. İkinci teste baktığımda “2 cam levha arasına konan bir cismin kalınlığını belirlemeyi sağlar. Hava boşluğunun giderek artmasıyla oluşur” şeklinde bir yanıt almışız. Bir nesnenin kalınlığını ölçer! Peki kabul ama nasıl ölçer?

K1: Mesela bir cisim var onun üzerinde diyelim 13.karanlık oluşmuş. Bu 13 sayısını gidip n yerine yazarız. Buradan kalınlık bulunur.

Araştırmacı: Benim konuyu hiç bilmediğimi düşünerek anlatır mısınız?

K1: d ye bağlı bir ifade vardı. Orada n vardı. n yerine 13 yazıyorduk. d kama kalınlığı çıkıyordu.

Araştırmacı: İfadeleri hatırlıyor musun?

K1: $2d + \frac{\lambda}{2} = n\lambda$ idi tabi bu aydınlıklar için. Burada mesela 13 yazarsak, d çıkar.

Ah. Birde λ 'nın bilinmesi gerekiyor.

Araştırmacı: Bu ifade nereden çıktı.

K1: İşte bunu çizip falan bir şeyler yapıyorduk ama hatırlamıyorum. Bu yol farkı. Çizerek falan buluyorduk bunu.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçaklar nasıl oluşurlar?

K1: Aydınlık – karanlıklar. Işık düşürdüğümüzde oluşuyorlardı ama hatırlayamıyorum.

Araştırmacı: Verdiğiniz yanıtta “Hava boşluğunun giderek artması ile oluşur” gibi bir ifade kullanmışsınız. Hava boşluğunun artması ile oluşan şey nedir?

K1: Bu görüntü, öyleydi yani o kağıdı ondan koymuştuk mesela saç teli koymuştuk bu sıfırdan başlayarak artan bir hava boşluğu oluşturmak içindi.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçakların üstteki cam levha üzerinde sıralanmasının nedeni nedir?

K1: İşte ışığı düşürünce böyle dizilmişlerdi. Bilmiyorum.

Araştırmacı: Bu sistem beyaz ışıkla aydınlatılsın. Nasıl bir görünüm beklersiniz.

K1: Beyaz ışığın içindeki renkler görülmeye başlıyordu sanırım. Deneyde de görmüştük hatta.

Araştırmacı: Neden böyle bir görünüm olur?

K1: Işık farklı bir ortama girmiş sonuçta, içindeki renkler mesela mor çık kırılır. Böyle bir şey olabilir. Örneğin kırmızı az kırılır. Bu farklılıktan dolayı renkli gözükmüş olabilir.

K1 öğrencisi belki de ilgisini daha çok çeken, küçük bir nesnenin kalınlığının ölçülmesi olayına takılmış gözükmektedir. Nesnenin kalınlığın nasıl ölçüleceği konusundaki fikirleri üst düzeydedir ve bilimsel olarak doğrudur. İlginçtir ki; önceki soruda sabun köpüğü üzerindeki deseni girişim ile açıklamışken, bu soru ile ilgili fikirlerinde “girişim” ifadesine rastlanmamaktadır. Ayrıca, yine önceki soruda aydınlık ve karanlık saçakları yapıcı ve bozucu girişimle açıklayan K1 öğrencisi, bu soruda aydınlık ve karanlık saçakların nasıl oluştuğunu hatırlayamamıştır. Kendisi ile önceki soru ile ilgili yapılan görüşmede, sabun köpüğü üzerinde neye göre mavi, neye göre yeşil renk görüleceği sorusunu yanıtızsız bırakmıştır. Öğrenciye “hava kaması beyaz ışıkla aydınlatılırsa nasıl bir görünüm olur” sorusu yöneltilmiş, öğrenci bu soruya “renklerin görüleceği” yanıtını vermiş ve bu olayı beyaz ışığın renklerine ayrılması olarak açıklamıştır. Işığın renklerine ayrılması, soru için bilimsel olarak kabul edilemez bir yanıttır. K1 öğrencisi önceki soruda (5.soru) hibrit yanıt veren öğrencilerinkine benzer bir ifade kullanmıştır. Bu durum K1 öğrencisinin sistemin neden renkli görüleceği konusunda doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını göstermektedir. K1 öğrencisinde, ışığın dalga modeli ile ilgili bir fikir oluşmuş gibi görülse de, aydınlık – karanlık saçaklar ve bunların neden muntazam bir şekilde cam levha üzerinde dizildiği konusuna açıklık getirememiştir. K1, cam levha arasına kağıt konulması işleminin, sıfırdan başlayarak artan bir hava boşluğu oluşturmak amacıyla yapıldığını ifade etmiştir. Ancak, bu işlemin aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde sıralanmalarını yani girişim deseninin oluşmasını sağlayan bir faktör olduğunu ifade edememiştir.

Araştırmacı: Bu soruda iki cam levhamız vardı araya bir kağıt parçası koymuştuk. Bu arada biz o cam levhaların arasına kağıt parçasını neden koyuyoruz?

K2: Arada bir şey olsun yol farkı olsun diye mi? Kalınlık olsun diye. Ya aslında bu hava kamasının özelliğinden dolayı değil mi? Hava kaması kalınlıkları çok küçük olan cisimlerin kalınlıklarını ölçmek için kullanılmıyor mu? Yani aslında bu ince kağıt parçasının kalınlığını ölçmek için kullanılan bir alet bu hava kaması.

Araştırmacı: Bu soruya ilk testte “hava kamasıdır” şeklinde bir yanıt vermişsiniz. İkinci testte verdiğiniz yanıtta baktığımızda “İki cam levha arasına konulan bir cismin kalınlığını ölçmek için kullanılan bir sistemdir” şeklinde olduğunu görüyoruz. Şimdi, daha çok şunun üzerinde durmak istiyorum. Burada aydınlık karanlık bölgeler var gördüğün gibi bunlar nasıl oluşuyor?

K2: Bu aydınlık karanlıklar bu yine yol farkından dolayı hepsinde yol farkı prensibi var burada ince kağıt parçası koyduğunuz zaman onun arasında bir açıklık oluşuyor ve bu açıklıktan dolayı ışık kırılmalara uğruyor. O yüzden girişim oluşturuyor. O yüzden karanlık aydınlık çizgiler görünüyor. Girişim var.

Araştırmacı: Girişimin burada oluşumunu nasıl açıklarsın?

K2: Işık ışınları yukarıdan geldiği zaman kırılmalara uğrayacak yorum yapamıyorum şu an.

Araştırmacı: Peki karanlıklar nasıl oluşuyor?

K2: Karanlıklar tek yarık çift yarık gibi tepe tepe üst geldiği zaman falan ya pardon bu hava kamasıydı. Yoğunlukları farklı, kırılma indisleri farklı yerden geçerken farklı kırılma indisleri veriyorduk, farklı kırılma indislerinden aşağıya doğru geçerken şey gibi düşünüyorduk bunları ağır yaydan ince yaya gelen atmalar gibi. Bütün iletilenler aynı yani mesela baş yukarı geliyorsa yansıyanların şeylerine bağlı kırılma indislerine bağlı olarak çukur ve tepe gelişine göre biz bunları oluşturduk yol farklarını falan eğer bu tarafta tepe gelip üst tarafta eğer faz farkı yoksa, faz farkı varsa ona göre aydınlık ve karanlık çizgiler oluşuyordu. Biliyorum ama ifade edemiyorum kendimi. Şu an formülünü falan biliyorum.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçaklar neden cam levha üzerinde bu şekilde diziliyorlar.

K2: Hava kaması sonuçta bu sıfırdan başlayarak cam levha üzerinde diziliyorlardı.

Araştırmacı: Bu sistemi beyaz ışıkla aydınlatırsak nasıl bir görünüm oluşur sizce?

K2: Renkli görünür.

Araştırmacı: Neden?

K2: Deneyde de yapmıştık. Renkler ayrılıyordu. Işık içindeki farklı renkler farklı şekilde kırılarak renkli gözükiyordu.

K2 öğrencisi, ışığın dalga modeli fikrine sahiptir. Ancak hava kamasında girişimi açıklayamamıştır. Aydınlik – karanlık saçakların oluşumunu, bu saçakların cam levha üzerinde dizilişlerini açıklayamamıştır. Sabun köpüğünün renklenmesi olayına getirdiği yorumların benzerini bu soruda da öne sürmüştür. Renklenmeyi farklı renkteki ışıkların farklı kırılması sonucu hava kamasının renklenmesi olarak açıklamıştır. Kontrol grubu öğrencilerinde, renklenme olayının ışığın farklı renklerinin farklı kırılması sonucu oluşacağı düşüncesi sıkça karşılaşılan bir durum olarak görülmektedir. Işık dalga modeli fikrini benimsemiş olsalar da öğrenciler geometrik optik bilgilerini kullanmayı sürdürmektedirler.

Araştırmacı: İlk testte bize “hava kaması” diye yanıt vermiştiniz. İkinci testte “2 cam levha arasına konan cismin kalınlığını ölçmek için kullanılan sistemdir (hava kaması)” şeklinde yanıt vermişsiniz. Aydınlik karanlıklar neden oluşur?

K5: Burada da yine ışık dalga modeli söz konusu. Burada sizler anlatmıştınız, bir hava kamasına yandan bakarak, ışınlar göstermiştiniz. Bu ışınların girişimi sonucunda aydınlık karanlık saçaklar oluşmuştu. Yine yol farkını hesaplamıştınız.

Araştırmacı: Aydınliklar nasıl ve karanlıklar nasıl oluşuyor?

K5: Yine tepe - tepe üst üste gelince aydınlık oluyor mesela. Aynı şekilde...Diğerleri ile aynı...(diğer sorularda verdiği yanıtları kast ediyor)

Araştırmacı: Yol farkını nasıl hesapladık bu arada. Hava kaması kalınlığına bağlı, birde yukarıdan aşağıdan bakan gözlemciye göre değişim gösteriyor. Örneğin yukarıdan bakan gözlemci için $2d + \frac{\lambda}{2}$ oluyor. Hatta ince zarda da buna

benziyordu. Orada sadece farklılık $\frac{\lambda_{zar}}{2}$ yi hesaplıyorduk. Orada da yol farkı vardı.

Araştırmacı: Neden yol farkı aldık?

K5: İşte bu yol farkına göre desen oluşuyordu galiba. Yani belirleyici bir şey yol farkı.

Araştırmacı: Peki bir cismin kalınlığını ölçeceksiniz diyelim. Nasıl kullanırsınız hava kamasını?

K5: Nesnenin üzerine gelen saçak numarasını yol farkı ifadesindeki “n” nin yerine yazıyorduk. Buradan hava kaması kalınlığı ortaya çıkıyordu.

Araştırmacı:n nedir?

K5: n dediğim saçak numarası. Tabi. Evet. Mesela nesnenin üzerinde 5.karanlık oluşmuş, yol farkı ifadesine n yerine 5 yazdığımızda nesnenin kalınlığını bulabiliyorduk.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde dizilmelerinin nedeni nedir?

K5: Dizilmelerinin nedeni... Bilemiyorum şuan. Ama öyle yani görmüştük hatta. Yaptığımız deneyde görmüştük. Camın üzerinde dizilmeler olmuştu.

Araştırmacı: Ne olabilir bunun sebebi?

K5: Şu an aklıma gelmiyor.

Araştırmacı: Bu sistem beyaz ışıkla aydınlatılırsa nasıl bir görünüm oluşur?

K5: Renkler ayrılır. Renkli gözüdür.

Araştırmacı: Nasıl olur bu olay biraz daha açabilir miyiz?

K5: beyaz ışığın içinde barındırdığı renkler vardır. Bunlar cama girince değişik kırılmalar yaparlar. Mor ve kırmızı mesela. Her renk farklı kırılır. Cam farklı renkte görülür.

K5 öğrencisi cam levha üzerindeki aydınlık – karanlık saçakların oluşumunun girişim ile gerçekleştiğini belirtmiştir. Ayrıca matematiksel bazı ifadelerle çok küçük bir cismin kalınlığının hava kaması kullanarak nasıl ölçülebileceğini başarı ile açıklamıştır. Konuya ait bağıntıları üst düzeyde kullanabilmektedir. Ancak aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde dizilmelerinin nedenini açıklayamamıştır. Küçük bir nesnenin kalınlığının nasıl ölçülebileceğini başarı ile anlatan bir öğrencinin, aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde dizilimini açıklayamaması şaşırtıcıdır. İki duruma ait açıklamalar bir biri ile oldukça ilgilidir. K5 öğrencisi de aynı kategoride yanıt veren diğer kontrol grubu öğrencilerinde olduğu gibi hava kamasının beyaz ışıkla aydınlatıldığında renkleneceğini ve bunun ışığın renklerine ayrılması ile açıklanabileceğini düşünmektedir. Dolayısıyla K5 öğrencisine ait yanıtlar “ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar” kategorisine alınmış olsa da, kendisi ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşme düşüncelerinin hibrit modele uygun olduğunu göstermiştir. K5 öğrencisi aydınlık – karanlık

saçakları girişimle (Dalga Modeli), renklenmeyi ışığın renklerine ayrılması (Tanecik Modeli) ile açıklamaktadır.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %24'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %20'si soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeline ait fikirler içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i soruya geometrik optik bilgilerini kullanarak yanıt vermişlerdir. Kontrol grubunda ise bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte kodlanamaz yanıt veren öğrenci bulunmamakla birlikte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i soruyu yanıtızsız bırakmıştır. Kontrol grubunda soruyu yanıtızsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

5.2.6.3 Tartışma

Ön testte soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Bu sonuç her iki grupta bulunan öğrencilerin öğretim öncesinde ışığın dalga modeli fikrine ait doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermektedir.

Öte yandan öğretim öncesinde, deney grubu öğrencilerinin %29'u, kontrol grubu öğrencilerinin %70'i soruya ışığın dalga modeli fikrini içeren ifadeler kullanarak yanıtlar vermişlerdir. Ancak bu ifadeler bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlardır. Daha önceden katıldıkları kurslar ve kendi öğretmenleri tarafından gerçekleştirilen öğretim nedeni ile bu öğrenciler ışığın dalga modeli fikrine sahiptirler. Ancak bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip değildirler.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %14'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %5'i olayları geometrik optik bilgileri ile açıklayan ve bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir.

Genel olarak bakıldığında deney grubu öğrencilerinin %43'ü soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıt vermişler, aynı gruptaki öğrencilerin %57'si ise soruyu yanıtızsız bırakmışlardır. Kontrol grubu öğrencilerinin %75'i bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıt vermişler, aynı grubun %20'si kodlanamaz yanıt vermişlerdir. Kontrol grubu öğrencilerinin ise %5'i soruyu yanıtızsız bırakmıştır.

Öğretim sonunda uygulanan son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %14'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u soruya bilimsel olarak tam doğru yanıtlar vermişlerdir. Sayısal verilere göre kontrol grubu tam doğru yanıtlar bakımından önde görülmektedir. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D1 ile yapılan görüşme, kendisinin hava kamasında girişime ait doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğu ortaya çıkarmıştır. Ancak hava kaması sistemine beyaz ışık düşürüldüğünde cam yüzeyinin renkleneceğini düşünen D1, bu olayın ışığın renklerine ayrılması şeklinde açıklanabileceğini düşünmektedir. D1 önceki soruda da sabun köpüğünün renklenmesi olayı beyaz ışığın renklerine ayrılması şeklinde açıklamıştır. Işığın renklerine ayrılması fikri öğretim sonunda kavramsal değişime karşı direnmiştir. Kendisi ısrarlı bir şekilde bu fikri savunmaktadır.

Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden K3, hava kaması üzerinde görülen girişim desenini başarı ile açıklamıştır. Ancak önceki soruda sabun köpüğünün renklenmesi olayını açıklayamadığı gibi, hava kaması üzerine beyaz ışık düşürüldüğünde camın renkli gözükeceğini söylemekte ancak bu durumu açıklayamamaktadır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %52'si, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermişlerdir.

Son testte, kısmen doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D2'nin, kendisi ile yapılan öğretim sonu görüşmede olayın ışığın dalga modeli ile açıklanacağı düşüncesinde olduğu ortaya konulmuştur. Yansıyan ve kırılan ışınların girişimini belirtmiştir. Aydınlık ve karanlık saçakların oluşmasının nedeni olarak yapıcı ve bozucu girişimi göstermiştir. Aynı zamanda hava kamasının beyaz ışık ile aydınlatıldığında renkli gözükeceğini ve bunun dalga boyu yol farkı ilişkisinden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu ifadeleri fikirlerinin bilimsel görüşe doğru değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ancak aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde sıralanmaları konusuna açıklık getirememiştir. Kısmen doğru yanıt veren D2 öğrencisi bilimsel olarak tam doğru yanıtla oldukça yakın gözükmektedir.

Son testte kısmen doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D3 ile yapılan öğretim sonu görüşme, kendisinin son testte nitelik bakımından zayıf yanıt verdiğini, aslında kendisinin bilimsel olarak tam doğru fikirleri olduğunu ortaya çıkarmıştır. Anlatım hataları dışında D3'ün hava kaması hakkındaki düşünceleri bilimsel olarak tam doğrudur.

Son testte kısmen doğru yanıt veren D5 öğrencisinde de benzer durum görülmektedir. D5'in görüşleri öğretim sonunda bilimsel görüşe doğru değişmiştir. D5 araştırmacının kendisinden beklediğinin üzerinde yanıtlar vermiştir.

Son testte kısmen doğru yanıt veren K4 öğrencisinin fikirleri genel olarak bilimsel görüşe doğru değişmiştir. Ancak bir önceki soruda sabun köpüğü üzerindeki renklenmeyi başarı ile açıklamasına rağmen, hava kamasındaki renklenmenin nedenini açıklayamamıştır. Bu durum K4 öğrencisinin bilgiyi transfer etme gücü yaşadığını göstermektedir. Ayrıca aydınlık – karanlık saçakların neden ardışık bir biçimde cam levha üzerinde dizildiklerini açıklayamamıştır.

Genel olarak bakıldığında deney grubu öğrencilerinin %67'si, kontrol grubu öğrencilerinin %60'ı soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Bilimsel olarak tam doğru yanıtlar bakımından kontrol grubu sayısal olarak öndedir. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar bakımından da deney grubu, kontrol grubuna göre %7 gibi küçük bir farkla öndedir. Ancak deney grubunda kısmen doğru yanıt

veren ve kendisi ile görüşme yapılan üç öğrencinin (D2, D3, D5) bilimsel olarak tam doğru düşündükleri unutulmamalıdır. Bu öğrenciler kavramsal anlama testinde (son test) açıklama niteliği bakımından zayıf yanıt vermişlerdir. Ancak kendileri ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşmeler bu öğrencilerin aslında bilimsel olarak tam doğru düşüncelere sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada kavramsal anlama testinden alınan yanıtların niteliği ile görüşme sorularına verilen yanıtların niteliğinin farklı olduğu keşfedilmiştir. Yapılan görüşmeler, öğrencilerin düşünce yapılarının derinliğine inmeyi başararak gerçekte neye inandıklarını ortaya koymuştur. Kısmen doğru yanıt veren K4 ile yapılan görüşme kendisine ait fikirlerin gerçekten de bilimsel olarak kısmen doğru olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %24'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %20'si bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeli fikrine ait ifadeler içeren yanıtlar vermişlerdir.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i soruya geometrik optik bilgilerini kullanarak yanıt vermiştir. Kontrol grubu öğrencileri arasında ise soruyu geometrik optik bilgilerini kullanarak yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Son testte, kontrol grubu öğrencilerinin %20'i bilimsel olarak kabul edilemeyen ve hava kamasının cisimlerin kalınlığını ölçmek için kullanılan bir araç olduğunu vurgulayan yanıtlar vermişlerdir. Deney grubunda bu kategoride yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Bu kategoride yanıt veren K1 öğrencisinin nesnenin kalınlığını nasıl ölçüleceği konusundaki fikirleri üst düzeydedir ve bilimsel olarak doğrudur. İlginçtir ki; önceki soruda sabun köpüğü üzerindeki deseni girişim ile açıklamışken, bu soru ile ilgili fikirlerinde “girişim” ifadesine rastlanmamaktadır. Ayrıca, yine önceki soruda aydınlık ve karanlık saçakları yapıcı ve bozucu girişimle açıklayan K1 öğrencisi, bu soruda aydınlık ve karanlık saçakların nasıl oluştuğunu hatırlayamamıştır. Kendisi ile önceki soru ile ilgili yapılan görüşmede, sabun köpüğü üzerinde neye göre mavi, neye göre yeşil renk görüleceği sorusunu yanıtsız bırakmıştır. Öğrenciye “hava kaması beyaz ışıkla aydınlatılırsa nasıl bir görünüm

olur” sorusu yöneltilmiş, öğrenci bu soruya “renklerin görüleceği” yanıtını vermiş ve bu olayı beyaz ışığın renklerine ayrılması olarak açıklamıştır. Işığın renklerine ayrılması, soru için bilimsel olarak kabul edilemez bir yanittir. K1 öğrencisi önceki soruda (5.soru) hibrit yanıt veren öğrencilerinkine benzer bir ifade kullanmıştır. Bu durum K1 öğrencisinin sistemin neden renkli görüleceği konusunda doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını göstermektedir. K1 öğrencisinde, ışığın dalga modeli ile ilgili bir fikir oluşmuş gibi görülse de, aydınlık – karanlık saçaklar ve bunların neden cam levha üzerinde dizildiği konusuna açıklık getirememiştir. K1, cam levha arasına kağıt konulması işleminin, sıfırdan başlayarak artan bir hava boşluğu oluşturmak amacıyla yapıldığını ifade etmiştir. Ancak, bu işlemin aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde sıralanmalarını yani girişim deseninin oluşmasını sağlayan bir faktör olduğunu ifade edememiştir.

Aynı kategoride yanıt veren K2 öğrencisi ile yapılan görüşmeye dayanarak, kendisinin ışığın dalga modeli fikrine sahip olduğu söylenebilir. Ancak hava kamasında girişimi açıklayamamıştır. Aydınlık – karanlık saçakların oluşumunu, bu saçakların cam levha üzerinde dizilişlerini açıklayamamıştır. Sabun köpüğünün renklenmesi olayına getirdiği yorumların benzerini bu soruda da öne sürmüştür. Renklenmeyi farklı renkteki ışıkların farklı kırılması sonucu hava kamasının renklenmesi olarak açıklamıştır. Kontrol grubu öğrencilerinde, renklenme olayının ışığın farklı renklerinin farklı kırılması sonucu oluşacağı düşüncesi sıkça karşılaşılan bir durum olarak görülmektedir. Işığın dalga modeli fikrini benimsemiş olsalar da geometrik optik bilgilerini kullanmayı sürdürmektedirler.

Aynı kategoride yanıt veren K5 öğrencisinde de K2 öğrencisinedekine benzer bir durum görülmektedir. K5 öğrencisine ait yanıt “hava kamasının küçük nesnelere kalınlığın ölçmek için kullanılan bir araç olduğunu vurgulayan yanıtlar” kategorisine alınmış olsa da, kendisi ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşme düşüncelerinin hibrit modele uygun olduğunu göstermiştir. K5 öğrencisi aydınlık – karanlık saçakları girişimle (Dalga Modeli), renklenmeyi ışığın renklerine ayrılması (Tanecik Modeli) ile açıklamaktadır.

Genel olarak bakıldığında deney grubu öğrencilerinin %29'u, kontrol grubu öğrencilerinin %40'ı soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Deney grubundaki öğrencilerin yaklaşık %5'i soruyu yanıtızsız bırakırken, kontrol grubunda soruyu yanıtızsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

5.2.7 Kavramsal Anlama Testindeki 7.Soruya Ait Bulgular

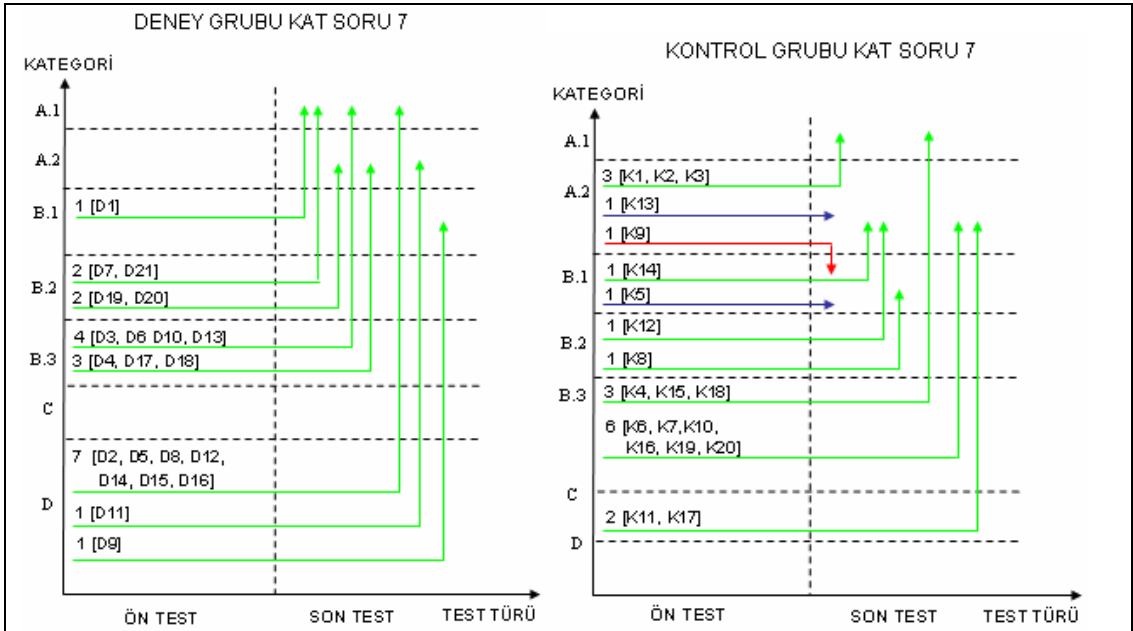
Kavramsal anlama testinin altıncı sorusu daha öncede belirtildiği gibi öğrencilerin çözme gücü ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır. Verilerin Analizi bölümünde açıklandığı gibi öğrencilerin yanıtları kategorize edilmiş ve Tablo 5.9 oluşturulmuştur.

Tablo 5.9: Öğrencilerin 7. soruya verdikleri yanıtların analiz sonuçları

YANIT TÜRLERİ	DENEY GRUBU		KONTROL GRUBU	
	Ön Test n (%)	Son test n (%)	Ön Test n (%)	Son Test n (%)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar				
1. Bilimsel Olarak Tam Doğru Yanıt				
“Tek far görülen durumda, iki farkın girişim desenleri birbiri içine girmiş durumdadır. Araç yaklaştıkça gözün çözme gücü artacak, farların girişim desenleri ayrılacak (çözülecek) ve farların çift olduğu görülecektir”	0	14 (66,66)	0	6 (30,00)
2. Bilimsel Olarak Kısmen Doğru Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Bu olay çözme gücü ile açıklanır” ➤ “Bu olay çözme gücü ile ilgilidir. Mesafe azaldıkça farların iki olduğu anlaşılır” ➤ “İki ışık kaynağı birbirini çözümleyemediği için uzaktan bakıldığında tek bir ışık kaynağı gibi görülür, yaklaştıkça ışık kaynakları çözülecek ve iki ışık kaynağı gibi görülecektir.” ➤ “Gözün çözünürlüğü mesafe azaldıkça artmıştır.” ➤ “Görüntülerin birbirinden ayrılabilmesi (çözülmesi) için daha küçük dalga boylu ışık kullanılmalı ya da ışığın dalga boyu küçültülerek kırınım azaltılmalıdır.” 	0	6 (28,57)	5 (25,00)	11 (55,00)
Ara Toplam 1	0	20 (95,23)	5 (25,00)	17 (85,00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				
1. Işığın Dalga Modeli Fikrini İçeren Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Havanın çözme gücü ile alakalı bir durumdur.” ➤ “Işığın karışmasının nedeni iki ışık kaynağının birbirini çözümleyememesidir.” ➤ “Işığın oluşturduğu girişim deseninden dolayı” ➤ “Atmosferik koşullar, içerideki gazların yoğunluğu, sis gibi faktörler zaten yön değiştirmeye başlayan ışık ışınları birde dalga şeklinde yol aldıkları için birbiri içine girerler, tek bir nokta gibi görülür.” 	1 (4,76)	1 (4,76)	2 (10,00)	3 (15,00)

Tablo 5.9'un devamı

2. Olayları Geometrik Optik ile Açıklayan Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Araba lambasından çıkan ışınlar belli bir mesafe kat ettikten sonra çakışır. Araba yaklaştıkça bu çakışma daha uzak mesafelerde gerçekleşir.” ➤ “Araba farları çok uzaktayken aşağı yukarı paraleldir, o yüzden farlar uzaktayken ayrı görülmez.” ➤ “Lambaların baktığı yere göre değişir. Bir çeşit yansıma olayı vardır.” 	4 (19,04)	0	2 (10,00)	0
3. Sezgisel Yanıtlar				
<ul style="list-style-type: none"> ➤ “Gözdeki bir kör nokta, göz aldanması, 3 boyutta gördüğümüz için beyin tek bir ışık gibi algılar.” ➤ “Bu durum uzaktaki şeyleri göremememizden kaynaklanmış olabilir.” ➤ “Işık ışınlarının birbiri içine geçmiş olmasından dolayı tek gibi görülür.” ➤ “Işık yayıldığından dolayı tek far gibi görürüz, ışık yaklaştıkça yayılma azaldığından dolayı iki far görürüz” ➤ “Işık yaklaştıkça odaklanmış olabilir.” 	7 (33,33)	0	9 (45,00)	0
Ara Toplam 2	12 (57,14)	1 (4,76)	13 (65,00)	3 (15,00)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	0	0	2 (10,00)	0
D. Yanıtsız	9 (42,85)	0	0	0
TOPLAM	21 (100)	21 (100)	20 (100)	20 (100)

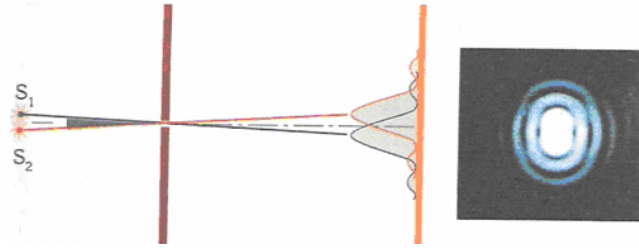


Şekil 5.15: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin 7.soruya ait fikirlerinin gelişimi

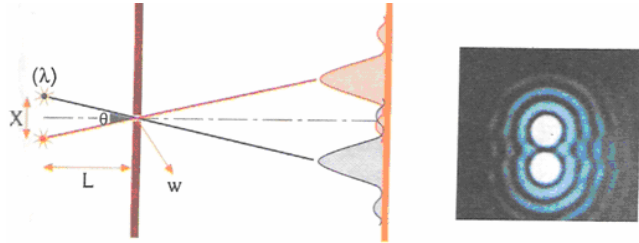
Kavramsal anlama testinin yedinci sorusu öğrencilerin ışığın dalga modeli ile açıklanabilecek olaylardan biri olan “çözme gücü” ile ilgili kavramsal anlamalarını araştırmaktadır.

Öğrencilere daha önce yöntem bölümünde, kavramsal anlama testi sorularının tanıtılması bölümünde belirtilmiş şekiller verilmiştir. Araba uzaktayken farlarının tek bir farmış gibi gözüktüğü, araba gözlemciye yaklaştıkça gözlemcinin farların çift olduğunun farkına vardığı belirtilmiştir. Öğrencilere bu olayın sebebini nasıl açıklayacakları sorulmuştur.

Bu olay ışığın dalga modelinin bir sonucudur. İnce bir delikten geçen ışık kırınıma (tek yarığa girişime) uğrar. Girişim deseni oluşur. İki kaynak söz konusu ise bazı durumlarda bu iki kaynağın girişim desenleri bir biri içine girebilir. Bu nedenle bu iki kaynak tek bir kaynak gibi algılanabilir.



Şekil 5.16: Çözülmemiş durumdaki kaynaklar



Şekil 5.17: Çözülmüş durumdaki kaynaklar

Şekil 5.16’da görülen kaynaklar çözülmemiş durumdadır. Kaynaklar arasındaki uzaklık artırılması, kaynakların deliğe yaklaştırılması ya da küçük dalga boylu ışık kullanılması işlemleri ile kaynakların çözülmesi sağlanabilir. Kaynaklar için çözülme şartı, birinci kaynakları çakışarak, merkezi aydınlıkların birbirinden ayrılmasıdır. Çözülmenin gerçekleşmesi için birinci karanlık için yol farkı alınır. Matematiksel olarak bulunan yol farkına eşitlenir.

$$\omega \sin \theta \geq k\lambda$$

$$\omega \frac{X}{L} \geq 1\lambda$$

$$\frac{X}{L} \geq \frac{\lambda}{\omega}$$

L (ışık kaynaklarının deliğe olan uzaklığı) azaldıkça $\frac{X}{L}$ ifadesi büyüyecek ve Şekil 5.17’deki gibi kaynaklar çözülecektir.

Kavramsal anlama testindeki yedinci soru bilimsel olarak benzer şekilde açıklanmaktadır. Farlardan çıkan ışık göz bebeğinde kırınımına uğrar ve girişim desenleri birbirine karıştığı için tek farmış gibi algılanır. Farların göze uzaklığı (L) azaldıkça gözün çözme gücü artar ve kaynaklar çözülür.

Çözme gücü günümüzde, teleskop, mikroskop gibi teknolojik araçların geliştirilmesinde en önemli sorunlardan biridir. Örneğin, çözme gücü düşük olan bir teleskopla birbirine yakın iki yıldız bakıldığında, tek yıldız varmış gibi algılanabilir.

5.2.7.1 Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön testte soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Kontrol grubu öğrencilerinin %25’i soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Deney grubunda ise bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Bu kategoride yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden kendisi ile görüşme yapılanlara ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: Yanıt olarak “araba uzaktayken farlar arasındaki uzaklık belli olmaz tek bir ışık kaynağı gibi gözükür, ışık ışınları girişim deseni oluşturmuştur” demişsiniz. Bu yanıtınızı biraz daha açabilir misiniz?

K1: Işık ışınlarının belli bir uzaklıkta ya da belli bir aralıkta üst üste gelmesi sonucu oluşur.

Araştırmacı: Özür dilerim. Anlayamadım!

K1: Uzaktayken birbirinin içerisinde ışık ışınlarının dağılımıyla da ilgili galiba. Sonuçta yakınlaştığı zaman daha düzgün bir doğru yol izliyor galiba. Bilmiyorum ama girişim diye düşündüm ben bu olayı.

Araştırmacı: Girişim nedir?

K1: Bu tepe – tepenin falan üst üste gelmesi olayıydı.

Araştırmacı: Farların tek gözükmesi ile girişimin ilişkisi nasıldır peki?

K1: ...

Araştırmacı: Farların tek gözükmesi konusu ile ilgili eklemek istediğiniz bir şey var mı?

K1: Hayır hocam.

K1 öğrencisi ön testte vermiş olduğu yanıtta geçen “girişim deseni oluşmuştur” ifadesi, bu yanıtın bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar kategorisine alınmasına neden olmuştur. Ancak K1 öğrencisi girişiminin olayın neresinde olduğuna açıklık getirememektedir. Ön testte vermiş olduğu yanıt bilimsel olarak kısmen doğru olsa da, kendisi ile yapılan görüşme K1 öğrencisinin çözme gücü olgusuna ait bilimsel olarak geçerli ve doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını ortaya koymuştur.

Araştırmacı: Otomobil uzaktayken tek far gözüküyordu, yaklaşınca iki ayrı far görüyorduk. Bu olayı nasıl açıklayabiliriz demiştik.

K2: Çözünürlük olayı. Bu çözünme olayı yani. Şey uzaktayken belirli bir çözünürlük yok ancak araba yaklaşınca çözünürlüğü arttığı için iki tane ayrı far görüyoruz. Şey vardı galiba merkezi aydınlık saçakla birinci karanlık saçak üst üste geliyor öyle bir şeyler oluyordu onun sebebinden dolayı herhalde.

Araştırmacı: Toparlayabilir miyiz?

K2: Çözünürlük yani ışığın çözünürlüğü olayı.

Araştırmacı: Işığın çözünürlüğü olayını biraz daha açabilir misiniz?

K2: Ya uzaktayken arabanın iki farı arasındaki uzaklık pek belli olmuyor yani ışık birbirine girmiş durumda ama araba yakınlaştıkça bizim burada hani dalgalarda olduğu gibi bir aydınlık bir karanlık onun gibi oluyor açılıyor yani bu sefer çözünürlüğü artıyor biz iki ışık halinde görüyoruz.

Araştırmacı: Bu konu ile ilgili eklemek istediğin herhangi bir şey var mı?

K2: Bu testi uyguladıktan sonra kendimin çok boş olduğunu gördüm. Testte yaptım falan böyle ama hepimiz bir şeyler yaptık ama böyle ama konuyla ilgili bir şeyler bilmemize rağmen açıklamalarına dair hiçbir fikrim yok. Sonuçta formülleri falan biliyorum ama açıklamaları yok. Açıklamalarını bilmedikten sonra formüllerin ne anlamı var ki.

Araştırmacı: Buraya birde “Hepimiz ÖSS gençliyiz hocam kusura bakmayın” şeklinde bir not yazmışsınız.

K2: Evet hocam.

Araştırmacı: Merak etmeyin. Çok yardımcı oldunuz. Çok teşekkür ederim yardımlarınız için.

K2 öğrencisi önceden katılmış olduğu kurs ve kendi okul öğretmeninin gerçekleştirmiş olduğu öğretimden dolayı, “çözülme” kavramına ait fikirlere sahiptir. Açıklamaya çalışmakta ancak bunu nitelikli olarak gerçekleştirememektedir. Söylediklerinde bilimsel olarak hatalı ifadeler bulunmamaktadır, ancak açıklamaları yetersizdir.

Araştırmacı: Soruya “araba uzaktayken farlar arası uzaklık belli olmaz farlar tek ışık kaynağı gibi gözükür ayrıca uzaktayken iki ışık kaynağı bir girişim deseni oluşturmuştur” şeklinde bir yanıt vermişsiniz. “Yani uzaktaki iki maddeyi biz tek madde gibi algılayabiliriz.” Şeklinde devam etmişsiniz. İlk sorum: girişim deseni bu olayın neresinde?

K3: İki far tek olarak gözüküyor ya oradan bu farın çıkardığı ışınlar girişim deseni oluşturabilir belki. Yani tek olarak gözüküyor. Çok uzaktan bakıldığında ikisinin oluşturduğu ışınlar girişiyorlar.

Araştırmacı: Girişimden ne anlıyoruz nasıl olabilir bu girişim?

K3: Ya tam olarak bilmiyorum. Konu anlatıldıktan sonra öğrenirim umarım.

Araştırmacı: Peki buraya neden “girişim deseni oluşmuştur” şeklinde bir ifade yazdınız o zaman.

K3: Bilemiyorum. Girişim diye düşündüm ama.

Araştırmacı: Konuyla ilgili eklemek istediğiniz her hangi bir şey var mı?

K3: Yok şimdilik.

Araştırmacı: Teşekkür ederim.

K3 öğrencisi de, K1 öğrencisinde olduğu gibi yanıt olarak yazmış olduğu “girişim deseni oluşmuştur” ifadesine açıklık getirememektedir. K3 öğrencisi ile yapılan görüşme; çözme gücü, kaynakların çözülmesi gibi olgulara ait doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını göstermiştir.

Ön testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5’i, kontrol grubu öğrencilerinin %10’u soruya ışığın dalga modeli fikrini içeren ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrencilerden kendisi ile görüşme yapılanlara ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: Yanıt olarak “ışığın oluşturduğu girişim deseninden dolayı” demişsiniz. Şimdi burada bir girişim sözü var. Ne demek bu?

D1: girişim... bilemeyeceğim.

Araştırmacı: Peki neden yazdınız?

D1: Sınıfta bu testi uygularken arkadaşla tartıştık, o söyledi bende boş kalmam diye yazdım. Zaten diğer sorularda boş.

Araştırmacı: Birde desen diyorsun, bu bir şey çağrıştırıyor mu?

D1: Tabi günlük hayattaki anlamı bir şeyler çağrıştırıyor ama, bu konudaki görevi nedir bilemeyeceğim.

Araştırmacı: Peki arkadaşlarınızı bırakalım, sizce nasıl oluyor bu olay?

D1: Çok uzaktaki nesnelere hani küçük görmemizle alakalı olabilir. Belki hani uzakta yan yana olan iki şeyi bu yüzden aynı şeylermiş gibi görmemiz ile alakalı olabilir.

Araştırmacı: Konu ile ilgili eklemek istediğiniz bir şey var mı?

D1: Yok.

“Işığın oluşturduğu girişim deseninden dolayı” şeklinde yanıt veren D1 öğrencisi ile yapılan görüşme, D1 öğrencisinin girişim olayına ve çözme gücü olayına ait doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını göstermiştir.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %19’u, kontrol grubu öğrencilerinin %10’u soruya geometrik optik bilgilerini kullanarak yanıt vermişlerdir. Bu yanıtlar bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlardır. Bu kategoride yanıt veren öğrencilere ait yanıtlar tabloda görülmektedir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin en çok, uzaktan gelen ışınların paralel olacağı dolayısıyla görüntülerin karışacağı yanıtını benimsedikleri görülmüştür. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %33’ü, kontrol grubu öğrencilerinin %45’i soruya sezgisel yanıt vermişlerdir. Bu yanıtlar bilimsel olarak doğru kabul edilememektedir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: “Işıklar yayıldığı için belli bir noktada çakışır ve tek bir kaynaktan geliyormuş gibi gözükür yaklaştıkça ışıkları çakışması için gereken mesafe azalır bu yüzden iki kaynak görürüz” demişsiniz. Bu yanıtı biraz daha açar mısınız?

D3: Sonuçta arabanın farlarından belli bir açıyla çıkıyor ve tam arabanın önünü aydınlatabilecek açıyla çıkmıyor yani. Biz eğer tam iki ışının, iki kaynağın çakıştığı noktadan daha uzaktaysak tek görürüz ama şu aradaki mesafeye girdiğim zaman iki kaynak ayrışır o şekilde yani yeterli ışık o şekilde sonuçta açılarak geliyor açılarak araçtan çıkıyor eğer o açılmada tam ikisi örtülürse o zaman tek görüyoruz ama o mesafeden daha kısa bir mesafede olduğumuzda tek yerine iki farklı kaynak olduğunu görüyoruz.

Araştırmacı: Konu ile ilgili eklemek istediğiniz başka bir şey var mı?

D3: Hayır yok.

Araştırmacı: Teşekkür ederim.

D3 öğrencisi farlardan çıkan ışınların belli bir açı ile geldiklerini ve bir noktada çakıştıklarını söylemiştir. Bu çakışma noktasının dışındaki gözlemcinin

kaynakları tek göreceğini, bu nokta ile kaynaklar arasında bulunan gözlemcinin farların çift göreceğini belirtmiştir. Söyledikleri geometrik optik ve fizik optik kuralları ile uyuşmamaktadır. Görüşmede ifade ettiği düşünceleri kendisinin gerçekten de sezgisel yanıtı sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Araştırmacı: “Işık ışınları uzaklaştıkça daha çok yayılır ve o yüzden tek bir ışık gibi görürüz” şeklinde bir yanıtınız olmuş. Bu yanıtı biraz daha açabilir miyiz?

D4: Diyelim iki fardan ışınlar şu şekilde çıkıyor. Belli bir uzaklıktan sonra bunların iç içe geçtiğini ve görüntülerinin bir birine karıştığını düşündüm ben. Bunlar yaklaştığında iç içe daha az geçerler, daraldığından dolayı çift far olarak görürüz. Öyle düşündüm ama pek aktaramadım. İkisinin kesiştiği noktadan bakan bir gözlemci onun iki tane olduğunu farkına varmaz. Kesişmenin arkasından bakılırsa iki far gibi görülür.

Araştırmacı: Konu ile ilgili eklemek istediğiniz bir şey var mı?

D4: Hayır yok böyle düşündüm.

D3 öğrencisinin fikirleri, D4 öğrencisi tarafından da benimsenmiştir. D3 öğrencisi de ışınların bir çakışma noktası olacağını, bu noktadan kaynaklara bakan gözlemcinin kaynakların iki tane olduklarının farkına varamayacağını düşünmektedir. Bu ifadeleri bilimsel olarak doğru kabul edilemeyen düşüncenin ürünüdür.

Araştırmacı: Son soruda düz bir yolda hareket eden bir otomobil vardı ve bu otomobile uzaktan baktığımızda tek far gözükürken araba yaklaştıkça farların çift olduğunu fark ediyorduk. Bunu nasıl açıklarsınız diye sormuştuk.

K4: Burada da galiba havada arabadaki iki ışık odaklanıp gözümüze tek bir ışık gibi geliyor.

Araştırmacı: Peki yakına gelince odaklanma yok mu? O zaman yakındayken de ışıklar odaklanıp gözümüze tek gibi gözükebilirler.

K4: Dediğim gibi onun için belirli bir mesafe uzaklık olmalı.

Araştırmacı: Yani farları çift görmemiz için belli bir uzaklık değeri mi olmalı?

K4: Yani evet olay odaklanmadan dolayı.

K4 öğrencisi de farlardan gelen ışığın bir noktada odaklanacağını ve bu odaklanmadan dolayı gözlemcinin araba farlarını tekmiş gibi göreceğini belirtmiştir. K4 öğrencisi kendisi ile yapılan ön görüşmede de sezgisel yanıt vermiştir.

Genel olarak bakıldığında ön testte, deney grubu öğrencilerinin %57'si, kontrol grubu öğrencilerinin %65'i soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir.

Ön testte, kontrol grubu öğrencilerinin %10'u kodlanamaz yanıt vermişlerdir. Deney grubunda ise kodlanamaz yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Ön testte deney grubu öğrencilerin yaklaşık %43'ü soruyu yanıtızsız bırakmıştır. Kontrol grubu öğrencileri arasında soruyu yanıtızsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

5.2.7.2 Son Testten Elde Edilen Bulgular

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %67'si, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Sayısal veriler, tam doğru yanıtlar bakımından deney grubunun önde olduğunu göstermektedir. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilere ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: Uzaktaki araba farkları tek gözüürken, yaklaştıkça farların iki tane olduğunun farkına vartıorduk. Bunun sebebini sormuştuk. İlk testte, "Işığın oluşturduğu girişimden dolayı" demiştiniz. Hatırlıyor musunuz neler konuştuğumuzu?

D1: Aslında genel olarak hatırladığım size doğru düzgün bir cevap verememiştım.

Araştırmacı: İkinci teste baktığımda "çözme gücü ile ilgilidir, çok uzaktaki iki ışık kaynağına bakıldığında birbiri içine girmiş gibi görürüz, yaklaştıkça ışınlar arasındaki uzaklık artar ve bu görüntüler birbirinden ayrılır ve normal görürüz" şeklinde yanıt vermişsiniz. Bu yanıtı biraz daha açabilir miyiz?

D1: Burada ışık çok ince bir delikten geçerek girişim deseni oluşturuyordu. Eğer iki kaynak olursa bu girişim desenleri birbiri içine giriyordu. Biz bunları tek bir kaynak gibi görüyorduk, ancak bu deliğe yaklaşırlarsa kaynaklar çözülüyordu. İkisinin deseni de birbirinden ayrılıyordu.

Araştırmacı: Bunun ile uzaktaki arabaya bakan gözlemciyi nasıl benzeştirebiliyorsunuz ki? Açıklamalarınızda bir delik var, ışık kaynağı var.

D1: Burada da derste de söylediğimiz gibi göz bebeği sanırım delik görevi görüyor. Mesela teleskoplarda falanda bu olay oluyor. İki yıldızı ayırt edebilen teleskop, yani daha güzel ayırt edebilen teleskopun çözme gücü yüksek oluyordu. Yani göz delik oluyor. Araba yaklaştıkça girişim deseni ayrılıyor.

D1 öğrencisi ön testte girişim ile ilgili ifadeler kullanarak açıklama yapmasına karşılık, gerçekleştirilen ön görüşmede ifadelerine açıklık getirememiştir. Kendisi ile gerçekleştirilen son görüşme, D1 öğrencisinin düşüncelerini geliştirerek bilimsel görüşü benimsediğini ortaya koymuştur.

Araştırmacı: İlk testte soruya yanıt vermemiştiniz. Son teste baktığımızda “bu çözme gücü ile ilgilidir” diye bir ifade kullanmışsınız ve “kaynakları yaklaştırarak birbirinden ayırmışsınız”(Öğrenci şekil çizmiştir). Bu olayı biraz daha açabilir misiniz?

D2: Burada normalde karşıdan gelen bir arabayı uzaktayken motosiklet gibi algılayabiliyoruz. Yaklaştıkça ancak iki far görüyoruz çünkü yaklaştıkça kaynaklar çözünmeye başlıyor. Bu şekilde dedim ben. wX_d/L diye bir formülümüz vardı. Bu değer λ 'dan büyük olduğunda çözünme oluyor. Tam λ 'ya eşit olduğu anda çözünme başlıyor. Hani mesela normal fotoğraf makinelerinde falan olan çözünürlüklerde bunlar gibi diye düşündüm.

D2 öğrencisi, ilk testte soruyu yanıtsız bırakmıştır. Son testte ise soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Kendisi ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşme, düşüncülerinin bilimsel görüş ile bire bir uyumlu olduğunu kanıtlamıştır. Ayrıca kendisi olayı bilimsel olarak tam doğru açıklamanın yanında konuya ait formülleri de başarılı bir şekilde kullanmaktadır.

Araştırmacı: İlk testte “ışıklar yayıldığı için belli bir noktada çakışır ve tek bir kaynaktan geliyormuş gibi gözüktür yaklaştıkça ışıkları çakışması için gereken mesafe azalır bu yüzden iki kaynak görürüz” şeklinde bir yanıtınız olmuştu. İkinci teste baktığımızda “gözümüzün pikseline bağlı olarak uzaktaki ışık kaynaklarının ayrışımına bakarız. Birçok ışık kaynağını tek görürüz. Bu olayda kaynağa olan uzaklık ve kaynaklar uzaklık etkilidir.” Biraz daha açabilir miyiz bu yanıtı?

D3: Bu bizim gözümüzün görme kalitesinden kaynaklanan bir durum. Mesela gözümüz bozuksa uzaktaki bir arabayı normal biri çift far görürken mesela ben biraz astigmatım o yüzden tek far gibi görebiliyorum. Yani bu gözün görme kalitesiyle ilgili bir şey mesela biz çok uzakta baktığımız bir kaynak tek kaynak gibi gözüktüyor ama iyi bir fotoğraf makinesiyle çekince daha fazla kaynak olduğunu fotoğrafta görüyoruz. Yani bu gözün algılama tanecikleri yani piksellerden kaynaklanan bir durumu oluyor.

Araştırmacı: Yani bir nevi fotoğraf makinesinin çözünürlüğüne benzetiyorsun olayı.

D3: Kesinlikle. Görme kalitemiz yani çözme gücümüz ne kadar iyiyse uzaklık kaynağa ve daha fazla kaynak varsa kaynaklar arası uzaklık da bunda etkili oluyor. Bu şekilde farları ayırabiliyoruz.

Araştırmacı: “Çözme gücü” dediniz. Bu ne demek?

D3: Derste de gördüğümüz gibi bazı aletlerin mesela teleskopların çözme gücü fazla ise bunlar yakın iki yıldız bile iki tane gösterebilen aletlerdir. Sıradan basit bir teleskop ile bakarsak mesela iki yıldız tek görebiliriz.

Araştırmacı: İki kaynağın, tek gözükmesinin nedeni nedir?

D3: Kaynaklar uzaktayken bunların delikten geçince girişim desenleri bir biri içine girer. Bunlar ayrılmazsa tek gözüktür. Yaklaştıkça gözün çözme gücünde bir artış olur ve iki tane gözüktür.

D3 öğrencisi, konunun teorik kısmından çok teknolojik kısmı ile ilgilenmiştir. Aslında bu durum istendik bir durumdur. Deney grubu öğretiminde özellikle gözlem araçlarına (teleskop, mikroskop, v.b) ait çözme gücü özelliği üzerinde durulmuştur. D3 bu tartışmalardan etkilenmiştir. Ancak konunun teorik kısmına ait düşünceleri bilimsel görüşle uyum içindedir.

Araştırmacı: İlk teste baktığımda bir yanıtın olmadığını görüyorum. İkinci teste baktığımda ise “bu olay çözme gücü ile ilgilidir” demişsiniz, formül yazarak olayı açıklamışsınız. Ne yaptığınızı biraz açabilir misiniz?

D5: Çözülmenin gerçekleşme şartı vardı. Formülde L azalırse çözülme artar. Dolayısıyla kaynaklar birbirinden ayrılır. X artarsa yine çözünürlük artar.

Araştırmacı: Görüntülerin birbiri içine geçmesi olayı nasıl gerçekleşiyor?

D5: Yazmıştım zaten ben burada kaynaklardan gelen ışınların kırınım desenleri çakışıyor. Ve oradaki formüle göre çözülme gerçekleşiyor.

Araştırmacı: Çözme gücü nedir?

D5: Mesela teleskop gibi aletlerde bu önemlidir. Çözme gücü az olan bir teleskopta iki yıldız sanki tek yıldız gibi gözükebilir. Çözme gücü fazla olan teleskop iki yıldızı ayırarak gösterebilir. Hatta bazı küçük nesnelere ışık mikroskobunda görülemez, elektron mikroskobu kullanılır.

D5 öğrencisi, düşüncelerini bilimsel görüşe doğru geliştirmiştir. Konuya ait formülleri başarılı bir şekilde kullanmaktadır. D3 öğrencisinde görüldüğü gibi, D5 öğrencisi de özellikle konunun teknolojik bölümü ile ilgilenmektedir.

Araştırmacı: İlk teste bakıldığında “araba uzaktayken farlar arasındaki uzaklık belli olmaz. Tek bir ışık kaynağı gibi gözükürler. Işık ışınları girişim deseni oluşturmuşlardır” demiştiniz. Şimdi ise yani ikinci testte “araba uzaktayken çözme gücü daha azdır, bu nedenle 2 farı ayrı ayrı göremeyiz, sadece tek farı gibi görünür. Araba yaklaştıkça çözme gücü artar. 2 farı ayrı ayrı görürüz.” demişsiniz

ve $\frac{x}{L} = \frac{\lambda}{\omega}$ diye bir formül eklemiştiniz. Çözme gücü denen bir şey var burada nedir o?

K1: Çözme gücü mesela teleskoplarda da var. İki yıldız bir birinden ne kadar iyi ayırt edebiliyorsa o kadar çözme gücü fazla oluyor. Işınlar dar bir delikten geçince kırınım ve girişime uğruyorlar, bazen bunların merkezindeki aydınlıklar çakışıyor ve tek bir kaynak gibi görülüyor. Ancak çözme gücünü etkileyen faktörlerden bir mesela uzaklık. Uzaklık azalınca bu aydınlıklar ayrılır ve göz iki tane ayrı kaynak gibi görür.

Araştırmacı: İlk testteki düşüncelerinizi savunuyor musunuz? “ışık ışınları girişim deseni oluşturmuştur” demiştiniz.

K1: Burada da girişim var evet. Delikten geçince iki girişim deseni çakışıyor. Birde ek olarak çözme gücü olayı var burada.

Araştırmacı: Bir de girişimin yanında kırınım ifadesi kullandınız. Kırınımın bu durumda yeri neresi?

K1: Kırınım...Onu neden yazdım? Tek yarık ya belki ondan kırınım yazmış olabilirim.

Araştırmacı: Tek yarıktaki kırınım mı gerçekleşiyor.

K1: Evet. Kırınım gerçekleşir.

Araştırmacı: Az önce olayı girişim ile açıkladınız.

K1: Evet yanlış yaptım. Kırınım olacak.

Araştırmacı: Toparlayabilir miyiz?

K1: İki farın kırınım desenleri çakışıyor. Tek far gibi gözüküyor. Yaklaştıkça çözme gücü artıyor. İki far gibi gözüküyor.

K1 öğrencisi, ilk testte “girişim” ifadesini kullanmasına rağmen, soruya net bir yanıt verememiştir. İkinci testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Kendisi ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşme, K1 öğrencisinin düşüncelerini büyük ölçüde bilimsel görüşe doğru değiştirdiğini ortaya koymuştur. K1, çözme gücü, çözülme kavramlarını açıklayabilmekte ve konuya ait formülleri başarı ile kullanabilmektedir. Ancak araştırmacının soruları, K1 öğrencisinin “kırınım olayı sonrasında girişim deseni oluşması” olayına dair doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadığını görülmektedir. Tek yarıktaki kırınım olacağını belirtmiştir. Oysa bilimsel olarak tek yarık deseni, ışık dalgalarının bükülmesi ve bu bükülme sonrası girişim yapması sonucunda oluşmaktadır. Kontrol grubu öğrencilerinde benzer yanılgılar önceki sorularda da ortaya çıkmıştır.

Araştırmacı: İlk teste baktığımda “uzaktayken arabanın farları arasındaki fark belli olmaz bir çeşit kırınım olayıdır” şeklinde bir yanıtınız olmuş. İkinci teste baktığımızda “birbirine çok yakın iki yıldız bir teleskop ile incelendiğinde net bir görüntü oluşmaz. Birbirine yakın cisimlerin girişim desenleri birbirine karışır. Böyle görüntüleri birbirinden ayırt edemeyen araçların çözme gücü azdır. Bu

görüntülerin karışmasının nedeni ışığın dar bir aralıktan geçerken kırınımına uğramasıdır” demişsiniz. Bu yanıtı eklemek istediğiniz bir şey var mı?

K2: Hayır yok. Gayette güzel yazmışım.

Araştırmacı: Kuvvetle savunuyorsunuz yani?

K2: Evet.

K2 öğrencisi bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Yanıtı araştırmacının beklediği tüm noktalara açıklık getirmektedir. K2 öğrencisi kendinden emin bir şekilde yanıtı ekleyecek bir şeyin olmadığını söylemiştir.

Araştırmacı: İlk testte “araba uzaktayken farlar arasındaki uzaklık belli olmaz tek bir ışık kaynağı gibi gözükür” demişsiniz. Ayrıca “uzaktayken iki ışık kaynağı bir girişim deseni oluşturmuştur” diye eklemiştir. İlk testte bir girişimden bahsetmişsiniz. İkinci teste baktığımızda “araba uzaktayken çözme gücü azdır. Bu yüzden farlar tek gözükürler. Araba yaklaştıkça çözme gücü artacağından farların çift olduğu anlaşılır” demişsiniz.

Araştırmacı: Peki çözme gücü nedir?

K3: Çözme gücü $\frac{x}{L} = \frac{\lambda}{\omega}$ işte formülü buydu yani. Bir formülünü hatırlıyorum çözme gücünün. O uzaklığa bağlı.

Araştırmacı: Nasıl ulaştık bu formüle?

K3: Merkezdeki aydınlıklar ayrıldığı anda yol farkı alıyorduk ama tam hatırlamıyorum. Buradaki L azalınca gözün çözme gücü artar, göz artık farları ayırt etmeye başlar ve farlar çift görülür.

Araştırmacı: İlk testte “girişim” ifadesini kullanmıştınız. Hala savunuyor musunuz bu ifadeyi. İkinci testte çünkü bu ifadeyi kullanmamışsınız.

K3: Girişim... Burada daha çok kaynakların ayrılması olayı var gibi geliyor bana...

Araştırmacı: Girişim var mı?

K3: Yok gibi geldi.

K3 öğrencisi konuya ait çözme gücü kavramını açıklamaktadır. Konuya ait formülü kullanarak, farları çift görme olayını da başarı ile açıklamıştır. Ancak şaşırtıcı bir şekilde çözme gücü olayının girişim ile ilgili olmadığını söyleyebilmiştir.

Oysaki bilimsel olarak bu konunun temeli girişim olayıdır. Bu durum öğrencinin bütüncül bir anlamaya sahip olmadığını göstermiştir. Öğrenci geleneksel bir alışkanlıkla, konuya ait formülün uygulanışını öğrenmeye çalışmış, neden sonuç ilişkileri üzerinde duramamıştır. Bu durum kontrol grubu öğrencilerinde (K1, K3) sıkça görülmektedir. Ancak bu durumun tüm kontrol grubu öğrencilerinde ortaya çıktığını söylemek yanlış olacaktır. Örneğin K2 öğrencisi geleneksel yaklaşım ile öğretim görmesine rağmen kavramlarını bilimsel görüle doğru değiştirmiştir. Bu durumun öğrenme stili farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Araştırmacı: İlk teste baktığımızda “odaklanmadan dolayı tek farı çift far gibi görüyoruz” şeklinde yanıt vermişsiniz. Son teste baktığımızda “çözme gücüdür, araba uzaktayken çözme gücü, uzaklıkla ters orantılı olduğundan tek büyük bir ışık gibi görüyoruz” gibi bir yanıtınız olmuş. “Yaklaştıkça çözünme gücü arttığından 2 ışık kaynağı olduğunu anlıyorsunuz” şeklinde eklemiştiniz. Eklemek istediğiniz bir şey var mı?

K4: Yok aslında.

Araştırmacı: Çözme gücü nedir?

K4: Bu genelde optik aletlerde söz konusu olan bir şey. Mesela çözme gücü fazla, gözlem evindeki bir teleskop düşünelim. Bu teleskop yıldızları ayırt edebiliyor. Çözme gücü az ise iki yıldız tek bir yıldız gibi görebiliyoruz.

Araştırmacı: İki yıldızın tek bir yıldız gibi gözükmesi olayı nasıl gerçekleşiyor?

K4: Derste de görmüştük. Bir yarık vardı. Işık kaynağına baktığımızda aydınlık karanlık saçaklar vardı. İki ışık kaynağına bakılınca birbirini içine geçmiş gibi gözükiyordu. Tek bir ışık kaynağı gibi gözükiyordu.

Araştırmacı: Aydınlık – karanlık saçaklar neden oluşuyor?

K4: Böyle halka halka oluşuyordu.

Araştırmacı: Bu halka halka aydınlık – karanlık saçakların oluşma sebebi nedir?

K4: Tek yarık gibi. Girişim yani.

Araştırmacı: Nasıl oluşuyor bu girişim?

K4: Yarıktaki nokta kaynaklıklar düşünüyoruz. Bunlar girişim yapıyor. Tepe – tepe olayı var yine.

Araştırmacı: Eklemek istediğiniz bir şey var mı?

K4: Hayır.

K4 öğrencisi çözme gücü, çözülme gibi kavramlara ait bilimsel olarak doğru bir anlamaya sahiptir. Son testte verdiği yanıtlarda girişim ifadesine rastlanmamıştır. Araştırmacının sorgulaması sonucunda, K4 öğrencisinin farların tek görünmesi olayında girişimin etkili olduğunu düşündüğü ortaya çıkarılmıştır. K4 öğrencisi de (K2 gibi) fikirlerini öğretim süresince bilimsel görüşe doğru değiştirmiştir. Bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahiptir.

Son testte deney grubu öğrencilerinin %29'u, kontrol grubu öğrencilerinin %55'i soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıt vermişlerdir. Bu öğrencilerden D4 ile yapılan görüşmeye ait diyalog aktarılmıştır. Kontrol grubunda bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrenci bulunmamaktadır.

Araştırmacı: İlk testte “Işık ışınları uzaklaştıkça daha fazla yayılır ve tek bir ışık gibi görülür” şeklinde bir açıklamanız olmuştu. İkinci testte ise “otomobilin farlarından çıkan ışınlar birbiri içinde girişim yapmasıyla biz otomobilin farlarını uzaktayken tek gibi görürüz” demişsiniz. Bu olayın nasıl olduğunu açıklayabilir misiniz?

D4: Otomobilin farlarından çıkan ışınlar yine birbirlerinin içinde böyle bir girişim olayı oluşuyor. Bunlar yine birbirlerini destekliyor falan böyle biz onu çok ilerden tek ışık gibi görüyoruz. Fakat bize yaklaştığında o girişim olayı yaklaştığından dolayı biraz daha açılacağı için orada biz artık çift olarak görüyoruz. Yani çözme gücü bir yerden sonra çift far olarak görürüz.

Araştırmacı: Çözme gücü nedir?

D4: Bu çözme gücü teleskoplarda falan oluyordu. Mesela bir teleskopun çözme gücü fazla ise iki yıldız ayırabiliyordu. Çözme gücü az olunca iki yıldız tek bir yıldız gibi gözüküyordu.

D4 öğrencisi testte nitelik bakımından zayıf yanıt vermiştir. Ancak düşünceleri bilimsel olarak tam doğrudur.

Genel olarak bakıldığında deney grubu öğrencilerinin %95'i, kontrol grubu öğrencilerinin %85'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilen yanıtlar vermişlerdir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin %15'i soruya ışığın dalga modeli fikrini içeren ve bilimsel olarak doğru kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren ve kendisi ile görüşme yapılan öğrencilerden K5'e ait diyaloglar aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk teste baktığımda, "araba uzaktayken farlar tek bir ışık kaynağı gibi gözükür. Işıklar girişime uğramıştır" şeklinde yanıt vermiştiniz. İkinci testte "ışığın karışmasının nedeni, 2 yakın kaynağın ışınlarının birbirini çözümleyememesidir" şeklinde yanıt vermişsiniz. Şimdi burada "ışığın karışması" derken neyi kastediyorsunuz?

K5: İki kaynak tek bir tane gözüküyor, yani görüntüleri birbiri içine karışıyor.

Araştırmacı: "Çözümleyememe" derken anlatmak istediğiniz şey nedir?

K5: Çözülme olayı vardı. Hani bu teleskoplarda olan. İki yıldızın görüntülerini ayırt eden teleskop çözme gücü yüksek teleskoptu. Çözülme ise kaynakların ayrılması.

Araştırmacı: Ancak ışınların birbirini çözümleyememesinden bahsetmişsiniz.

K5: Işıkların birbirini çözümleyememesi çok anlamlı olmamış galiba, ama şunu biliyorum ki; kaynakların görüntüleri ayrılınca bu olaya çözülme deniyor. Burada kaynakların desenleri bir birinden ayrılıyor. Araba yaklaştıkça, formülü vardı birde, formülden de bulunabilir. Araba yaklaştıkça çözülme artar ve belli bir uzaklıktan sonra kaynaklar birbirinden ayrılır.

Araştırmacı: Görüntülerin karışması olayı nasıl oluyor?

K5: Uzakta oldukları için görüntüler karışıyordu. Bilemiyorum. Uzakta oldukları için herhalde.

Araştırmacı: Yanıtlarınıza eklemek istediğiniz bir şey var mı?

K5: Yok.

K5 öğrencisi, testte nitelik bakımından zayıf yanıt vermiştir. Testte verdikleri yanıtlar bilimsel olarak kabul edilemese de bilimsel olarak kısmen doğru düşüncelere sahiptir. Ancak farların görüntülerinin karışması olayını açıklayamamıştır. K1 ve K3 öğrencilerinde olduğu gibi K5 öğrencisi de girişim ile çözme gücü olayını ilişkilendirememektedir.

Son testte, olayı tanecik modeli ile açıklayan yanıtlar ve sezgisel yanıtlar kategorilerine uygun yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.

Genel olarak bakıldığında son testte deney grubu öğrencilerinin %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin %15'i bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir.

Son testte kodlanamaz yanıt veren ve soruyu yanıtızsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

5.2.7.3 Tartışma

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin bilimsel olarak doğru kabul edilebilen yanıtlar veremedikleri görülmektedir. Kontrol grubu öğrencilerinin %25'i soruya kısmen doğru yanıt vermişlerdir.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin %5'i, kontrol grubu öğrencilerinin %10'u bilimsel olarak doğru kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin %19'u, kontrol grubu öğrencilerinin %10'u soruya geometrik optik bilgilerini kullanarak yanıt vermişlerdir.

Ön testte, deney grubu öğrencilerinin %33'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %45'i sezgisel yanıtlar vermişlerdir.

Deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %42'si ön testte soruyu yanıtızsız bırakmışlardır.

Genel olarak bakıldığında, öğretim öncesinde öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun ışığın dalga modeli fikrine sahip olmadığı (diğer sorularda olduğu gibi) ortaya çıkmıştır.

Son testte deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %67'si, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Sayısal veriler, son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt bakımından deney grubunun oldukça önde olduğunu göstermektedir. Ancak öğretim sonrasında gerçekleştirilen görüşmeler, deney grubu lehine sayısal verilerin gösterdiği farklılıktan daha fazla farklılık olduğunu ortaya koymuştur.

Son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt veren dört deney grubu öğrencisi ile gerçekleştirilen görüşmeler bu dört öğrencinin gerçekten de bilimsel görüşe doğru fikirlerini değiştirdiklerini ortaya koymuştur. Ancak aynı kategoride yanıt veren dört kontrol grubu öğrencisinin ikisinde (K1 ve K3) ciddi boyutlarda kavram yanılgıları ve öğrenme eksikleri görülmüştür. K1 öğrencisi kırım ve girişim kavramlarında sorun yaşarken, K3 öğrencisi araba farlarının tek far gibi görülmesi olayında girişimin etkisinin olmadığını söylemiştir. Bu öğrenciler olayı daha çok formüle dayandırarak açıklamaya çalışmışlardır. Öğrenciler geleneksel bir alışkanlıkla, konuya ait formülün uygulanışını öğrenmeye çalışmış, neden sonuç ilişkileri üzerinde duramamıştır. Bunun yanında kontrol grubunda, düşüncelerini bilimsel görüşe doğru değiştiren öğrenciler de (K2 ve K4) bulunmaktadır. Bu durumun öğrenme stili farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %29'u, kontrol grubu öğrencilerinin %55'i soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermişlerdir. Bu yanıtlar açıklama bakımından zayıf yanıtlardır. Bu kategoride yanıt veren D4 öğrencisi ile gerçekleştirilen görüşme kendisine ait yanıtın eksik olduğunu ancak düşüncelerinin bilimsel görüşle bire bir uyum içinde olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu durum, önceki sorularda olduğu gibi deney grubu öğrencilerinde sıkça görülmektedir.

Genel olarak bakıldığında ise deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %95'i, kontrol grubu öğrencilerinin %85'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %5'i, kontrol grubu öğrencilerin %15'i soruya bilimsel olarak kabul edilemeyen ve ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrencilerden K5 ile yapılan görüşme, K5 öğrencisinin çözme gücü ve çözülme gibi kavramları doğru olarak açıklayabildiğini, ancak farların görüntülerinin karışması olayını açıklayamadığını ortaya çıkarmıştır. Ayrıca araştırmacı sürekli bu konudaki düşüncelerini sorgulasa da K5 öğrencisi girişim kavramından söz etmemiştir. Farların görüntülerinin karışması olayının nasıl olduğu sorusuna, “uzakta oldukları için” şeklinde bir yanıt vermiştir. K5 öğrencisinde görülen sorunun benzerleri, K1 ve K3 öğrencilerinde de görülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde ilk olarak bulgular bölümünde ortaya çıkan sonuçlar tartışılmış daha sonra bu tartışmalardan yola çıkılarak önerilerde bulunulmuştur. Araştırmanın bu bölümü sonuçlar ve tartışma ile öneriler olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

6.1 Sonuçlar ve Tartışma

Bu bölümde veri toplama araçlarından elde edilen bulgular ışığında araştırma sorularından yola çıkarak varılan sonuçlar verilmektedir.

6.1.1 Öğretim Öncesi Öğrencilerin Işık Dalgası Modeli Konusuna İlişkin Fikirleri

Araştırmanın ilk sorusu “öğretim öncesinde ışık dalgası modeli konusundaki öğrenci fikirleri nelerdir” şeklindedir. Öğrenci fikirlerinin kategorize edildiği, bulgular bölümündeki tablolara bakılarak, özet nitelikte yeni bir tablo hazırlanmıştır. Tablo 6.1 deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin kavramsal anlama testindeki (ön test) her soru için kavramsal anlamayı gerçekleştirme yüzdelerini göstermektedir. Kavramsal anlamayı gerçekleştirme düzeyi olarak belirlenen ölçü; yanıtın “bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar” kategorisinde olmasıdır. Bulgular bölümünde de özetlendiği gibi öğretim öncesinde bazı öğrencilerde ışık dalgası modeli fikri oluşmuştur. Durumu daha iyi betimleyebilmek için Tablo 6.1’de bilimsel olarak kabul edilemeyen (B.O.K.E) ve ışık dalgası modeli fikrini içeren yanıtların yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 6.1: Öğrencilerin öğretim öncesinde kavramsal anlamayı gerçekleştirme yüzdeleri

Soru No	İşlenen Tema	Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar		B.O.K.E ve Işığın Dalga Modeli Fikrini İçeren Yanıtlar	
		Deney Grubu (%)	Kontrol Grubu (%)	Deney Grubu (%)	Kontrol Grubu (%)
1	Tek Yarıktaki Girişim	0	0	19,04	30
2	Çift Yarıktaki Girişim	0	30	9,52	30
3	Tek ve Çift Yarıktaki Girişim Desenleri Arasındaki Farklılıklar	0	0	4,76	25
4	Işığın Farklı Saydam Ortama Geldiğinde Yansıma ve Kırılma Özelliklerini Bir Arada Göstermesi	66,66	65	0	0
5	İnce Zarda Girişim	9,52	10	4,76	20
6	Hava Kamasında Girişim	0	0	28,57	70
7	Çözme Gücü	0	25	4,76	10

Tablo 6.1’de ve uygulanan ön testin analizi sonucunda elde edilen bulgularda görüldüğü gibi öğrencilerin ışığın dalga modeli ile ilgili doğru bir kavramsal anlamayı gerçekleştiremedikleri görülmektedir. Tablo 6.1’deki kavramsal anlamayı gerçekleştirme düzeyi bölümündeki yüzdelere bakıldığında durum daha da açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdiği için kavramsal anlamayı gerçekleştirmiş kabul edilen öğrenciler ile gerçekleştirilen öğretim öncesi görüşmeler neredeyse hepsinin konunun bazı noktalarını hatırladıklarını aslında ciddi öğrenme eksikleri ve kavram yanılgılarına sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır.

Ön test analizleri sonucunda ortaya çıkan önemli bulgulardan biri de, soruların genelinde grupların belli çoğunlukları ışığın dalga modeli fikrini içeren yanıtlar vermeleridir. Bulgular bölümünde görüleceği gibi bu öğrenciler ile gerçekleştirilen öğretim öncesi görüşmeler, öğrencilerin yalnızca bazı kavramları hatırladıkları ancak bu kavramların bilimsel açıklamasını yapamadıklarını ortaya koymuştur. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerinde yine doğru bir kavramsal

anlamaya sahip olmadıkları belirlenmiştir. Bazı öğrenciler daha önce katıldıkları kurs ve kendi okul öğretmenlerinin gerçekleştirmiş olduğu öğretimde bulduklarından dolayı ışığın dalga modeli fikrine sahiptir. Ancak doğru kavramsal anlamaya sahip değildir.

Öğretim öncesinde uygulanan kavramsal anlama testine ve gerçekleştirilen ön görüşmelere dayanılarak, öğrencilerin öğretim öncesindeki fikirleri üç ana kategoride toplanmıştır.

- Işığın dalga modelini içeren, ancak bilimsel olarak doğru kavramsal anlamayı yansıtmayan fikirler.
- Geometrik optik bilgilerinin kullanıldığını fikirler
- Sezgisel Fikirler

İlk kategoride öğrenciler önceden katıldıkları kurs ve kendi öğretmenlerinin gerçekleştirdiği öğretime dayanarak ışığın dalga modeli ile ilgili ifadeler kullanmaktadır. Ancak öğretim öncesinden kendileri ile yapılan görüşmeler bu öğrencilerin bilimsel olarak geçerli bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Örneğin K4 öğrencisi sabun köpüğünün bir ince kenarlı mercek gibi davranarak Şekil 5.11'deki gibi ışığı odaklayacağını düşünmektedir. K4 öğrencisi bu odaklanma olayını girişim olarak tanımlamaktadır. Ön testin uygulanmasının ardından ortaya çıkan en önemli bulgu deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %10'unun çift yarıktaki girişim desenini, iki tek yarıktaki girişim deseninin çakışması olarak açıklamasıdır. Bu bulguya, Ambrose ve ark (1998) tarafından yapılan çalışmada da rastlanmaktadır. Bulgu, literatür ile uyum içindedir.

İkinci kategorideki öğrenciler ışığın dalga modeli yerine eski bilgileri olan geometrik optik bilgilerini kullanmaktadır. Örneğin bulgular bölümünde görüleceği gibi D2 öğrencisi ile ilk soruyla ilgili olarak gerçekleştirilen ön görüşmede öğrenci tek yarıktaki girişimi, ışığın kırılması ve dağılması olarak açıklamıştır. Işığın yönünün ve işleyişinin değişeceğini, bazı bölgelerin bu yüzden ışık almayacağını söylemiştir.

Kavramsal anlama testindeki ışığın farklı bir saydam ortamın yüzeyine geldiğinde yansıma ve kırılma özelliğini bir arada göstermesi ile ilgili dördüncü sorunun ön testteki analizlerine bakıldığında deney grubu öğrencilerinin %43'ünün, kontrol grubu öğrencilerinin %55'inin "sadece yansıma" fikrini içeren yanıtlar verdikleri görülmektedir. Öğrenciler çocuğun vitrin camında görüntüsünü görmesi olayını açıklamak için geometrik optik bilgilerini kullanmışlardır.

İnce zarda girişim konusu ile ilgili beşinci sorunun ön test analizlerine bakıldığında öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun (deney grubu öğrencilerinin %38'i, kontrol grubu öğrencilerinin %35'i) sabun köpüğünün renklenmesi olayını, beyaz ışığın içeriğindeki yedi rengin farklı kırılması sonucu, beyaz ışığın renklerine ayrılması şeklinde açıklama (Prizma Modeli) yaptıkları görülmektedir. Bu sonuç, öğrencilerin öğretim öncesinde geometrik optik bilgilerini kullanmaya devam ettiklerinin bir göstergesidir.

D3 öğrencisinin kavramsal anlama testindeki hava kamasında girişim ile ilgili altıncı soruya yanıt verirken kullandığı "üst üste gelme" ifadesi, kendisinin ışığın dalga modeli fikrine sahip olduğu izlenimini uyandırır da, bu öğrenci ile yapılan öğretim öncesi görüşme, D3'ün aslında olayı geometrik optik bilgileri ile açıkladığı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. D3, Bölüm 5, Şekil 5.14'de görüldüğü gibi, cam yüzeyinden yansıyan ışınların bazı noktalarda kesişerek aydınlıkları oluşturacağını ve bunlar arasında kalan bölgelerin karanlık gözükeceğini düşünmektedir.

Üçüncü kategorideki öğrenciler testte verilen olaylar üzerinde her hangi bir bilimsel ilke ile bağlantı kurmadan tahminler yürütmüşlerdir. Bu öğrencilerin yanıtları, "Işık perdeye homojen olarak dağılmaz", "Işık bazı bölgelere ulaşmamış olabilir", "Işık sürekli yanmaz, yanıp söner" şeklindedir.

6.1.2 Öğretim Sonrasında Öğrencilerin Işığın Dalga Modeli Konusuna İlişkin Fikirleri

Bu bölümde öğretim sonrasında deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin kavramsal değişimi gerçekleştirme durumları, deney grubu ve kontrol grupları arasında ortaya çıkan farklılıklar üzerinde durulmuştur. Ayrıca öğretim sonrası öğrencilerde ısrarla savunulan kavram yanlışları ve öğrenme eksiklerine değinilmiştir.

6.1.2.1 Öğretim Sonrası Öğrencilerin Kavramsal Değişimi Gerçekleştirme Durumları

Öğretim sonrasında uygulanan kavramsal anlama testinin analizi sonucunda elde edilen bulguları özetleyebilmek için Tablo 6.2 oluşturulmuştur. Bu tabloda da Tablo 6.1’de olduğu gibi öğrencilerin kavramsal anlamayı gerçekleştirme yüzdeleri verilmiştir. Ayrıca yine ışığın dalga modeli fikrini içeren ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen (B.O.K.E) yanıtların yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 6.2: Öğrencilerin öğretim sonrasında kavramsal anlamayı gerçekleştirme yüzdeleri

Soru No	İşlenen Tema	Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar		B.O.K.E ve Işığın Dalga Modeli Fikrini İçeren Yanıtlar	
		Deney Grubu (%)	Kontrol Grubu (%)	Deney Grubu (%)	Kontrol Grubu (%)
1	Tek Yarıktaki Girişim	61,90	50	23,80	30
2	Çift Yarıktaki Girişim	90,47	80	4,76	10
3	Tek ve Çift Yarıktaki Girişim Desenleri Arasındaki Farklılıklar	90,47	60	0	5
4	Işığın Farklı Saydam Ortama Geldiğinde Yansıma ve Kırılma Özelliklerini Bir Arada Göstermesi	80,95	90	4,76	10
5	İnce Zarda Girişim	90,47	65	4,76	10

Tablo 6.2'nin devamı

6	Hava Kamasında Girişim	66,66	60	23,80	20
7	Çözme Gücü	95,23	85	4,76	15

Son testte, sayısal veriler bakımından deney grubunun 4.soru haricinde tüm sorularda kontrol grubuna göre önde olduğu görülmektedir.

6.1.2.2 Son Test ve Son Görüşmelerden Elde Edilen Verilere Göre Deney ve Kontrol Grubu Arasındaki Farklılıklar

Uygulanan son testteki ışığın tek yarıktaki girişimi ile ilgili birinci sorunun analizi, deney grubunun bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar bakımından kontrol grubunun önünde olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ancak öğrencilerle gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşmeler, deney grubunun, kontrol grubuna göre sayısal verilerin gösterdiğinden daha da önde olduğunu ortaya çıkarmıştır. Farklılık özellikle bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren öğrencilerde görülmüştür. Kavramsal anlama testinde kısmi yanıt veren deney grubu öğrencileri ile yapılan öğretim sonrası görüşmeler aslında bu öğrencilerin bilimsel olarak tam doğru fikirlere sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır. Kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinde ise öğrenme eksikleri ve kavram yanılgıları bulunmuştur. Örneğin testte kısmi yanıt veren K1 ve K4 öğrencileri yol farkı kavramını açıklayabilmekte ancak neden yol farkı alındığı konusuna açıklık getirememektedirler. Bu öğrenciler ışığın tek yarıktaki verdiği desenin, su dalgalarına benzetilerek açıklanabileceğini vurgulayamamışlardır. K3 ve K5 öğrencilerinde de yol farkı almada yanılgılara rastlanmıştır. Öğrenciler daha önceden de birinci sorunun analizinin tartışma bölümünde belirtildiği gibi, perde üzerindeki noktayı, kaynakları birleştiren doğrunun orta noktasına birleştirmişlerdir. Bu durum kontrol grubundaki önemli bir eksiklik olarak karşımıza çıkmaktadır. Testte kısmen doğru yanıt vermiş olsalar da son görüşmeler bu öğrencilerin bilgiyi zihin süzgecinden geçirerek yapılandıramadıklarını göstermiştir. Deney grubunda ise yol farkı kavramı ve bunun neden alındığı konusunda oluşturulan tartışma ortamı öğrencilerin öğrenmelerine yardımcı olmuştur. Birinci sorunun analizi bölümünde görüleceği gibi öğretim sonrasında kendisi ile görüşme

yapılan deney grubu öğrencilerinin hiç birinde yol farkı ile ilgili kavram yanılığı görülmemiştir.

Araştırmanın önemli bulgularından biri de öğrencilerin hibrit model geliştirmeleridir. Hibrit model önceden de belirtildiği gibi iki kategoriden oluşmaktadır. Hibrit yanıt veren öğrencilerden bazıları (K2, K14, D14) ışığın yarığın uçlarında büküleceği ve bu bükülen ışınların girişim yapacağı düşüncesine sahiptirler. Bu bulgular Ambrose ve ark (1999)'nın bulguları ile uyum içindedir. "Işığın yarığın uçlarında bükülmesi" fikrinin ısrarla savunulmasında neden olarak okul öğretmenin yapmış olduğu öğretim gösterilebilir. Bu fikir, öğrencilere Huygens Prensibine göre daha kolay anlaşılır gelmektedir. Ancak bu bilimsel olarak kabul edilemez bir durumdur. Hibrit yanıt veren diğer öğrenciler de (K10, K17, D9, D20) ışığın dalga ve tanecik modelini bir arada kullanmaktadırlar. Örneğin K10 öğrencisi merkezi aydınlık saçığı geometrik optik ile (tanecik modeli) diğer aydınlık - karanlık saçıkları ise ışığın girişimi ile (dalga modeli) açıklamaktadır. Bu öğrenciler geometrik optik bilgilerini kullanma alışkanlıklarını sürdürmektedirler. Işığın dalga modelinin yeni bir bilgi olması, geometrik optik bilgilerinin zihinlerine yerleşmiş ve kolay anlaşılır bir bilgi olması bu öğrencilerin geometrik optik bilgilerini kullanmaya devam etmelerinin nedeni olarak gösterilebilir. Ayrıca deney grubu öğrencileri Huygens Prensibini benimsemiş (D14 hariç) gözükmektedir. Kontrol grubunda ise Huygens Prensibine direnenlerin sayısı (K2, K10, K14) oldukça fazladır. Bu sonuç deney grubunun bir üstünlüğü olarak ortaya çıkmaktadır.

Öğretim sonrası uygulanan kavramsal anlama testindeki, çift yarığta girişim ile ilgili ikinci sorunun analizi, bilimsel olarak tam doğru yanıtlar bakımından deney grubunun kontrol grubuna göre sayısal anlamda önde olduğunu ortaya çıkarmıştır (Deney grubu: yaklaşık %38, kontrol grubu: %10). Genel olarak bakıldığında deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %90'ı, kontrol grubu öğrencilerinin %80'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Sayısal olarak tam doğru yanıtlar bakımından yaklaşık deney grubu lehine %28'lik, genel olarak bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar bakımından %10'luk bir fark ortaya çıkmıştır. Ancak öğretim sonrasında öğrenciler ile gerçekleştirilen görüşmeler bu farkı deney grubu lehine artırmıştır. Son testte kısmi yanıt veren deney grubu öğrencilerinin aslında

bilimsel olarak tam doğru kavramsal anlamayı gerçekleştirdikleri ortaya konulmuştur. Deney grubu öğrencileri aydınlık – karanlık saçakların oluşumunu, perde üzerindeki bu saçakların dizilimini yapılan görüşmelerde başarı ile açıklamışlardır. Ayrıca ilk sorunun analizinde gözlemlendiği gibi bu sorunun analizine göre de deney grubu öğrencileri yol farkı kavramı konusunda bilimsel görüşle bire bir uyumlu fikirlere sahiptirler.

Ancak bu olumlu durum kontrol grubunda görülmemektedir. Kontrol grubu öğrencileri yol farkı, yol farkının neden alındığı, aydınlık – karanlık saçakların perde üzerindeki muntazam dizilişleri gibi konuları açıklamakta zorlanmışlardır. Birinci sorunun analizine bakıldığında K2 öğrencisinin Huygens Prensibini benimsemeyerek Hibrit Model geliştirdiği görülecektir. Bu öğrenci çift yarıktaki girişim desenini, aydınlık – karanlık saçakların perde üzerindeki dizilimlerini ve bunun yol farkının değişiminden kaynaklandığını açıklamasına rağmen, çift ve tek yarıktaki girişim desenlerinin parlaklıklar bakımında farklılık göstermesi olayını hatırlamadığını belirtmiştir. Bilimsel olarak desenler arasındaki farklılığın açıklanabilmesi için Huygens Prensibindeki bilgilerin kullanılması gerekmektedir. Bu durum da yine kontrol grubunun bir eksikliği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Öğretim sonrası uygulanan testteki üçüncü soruya ait analizler, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %19'unun (4 Kişi), kontrol grubu öğrencilerinin %5'inin (1 Kişi) bilimsel olarak tam doğru yanıt verdiklerini ortaya koymuştur. Genel olarak bakıldığında deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %90'ı, kontrol grubu öğrencilerinin ise %60'ı bilimsel olarak kabul edilebilir görüşlere sahiptirler. Sayısal veriler tam doğru yanıtlar ve kabul edilebilir yanıtlar bakımından deney grubunun kontrol grubunun önünde olduğunu ortaya koymuştur. Üçüncü soru ile ilgili gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşmeler ise diğer sorularda benzerinin görüleceği gibi deney grubu lehine bu farklılığı büyütüştür. Kısmi yanıt veren deney grubu öğrencilerin genel olarak fikirlerinin bilimsel olarak tam doğru olduğu gözlenmiştir. Kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinin ise ciddi kavram yanlışlarına ve öğrenme eksiklerine sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Örneğin kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencisi K2, çift yarıktaki kaynakların birbirini sönmüleyebildiklerini, ancak tek yarıktaki sönmüleyemediklerini dolayısıyla tek yarıktaki merkezi aydınlık saçığı kalın

olduğunu belirtmiştir. Bu söylemi, araştırmacıda bir kuşku uyandırmış ve kendisine “tek yarıta hiç mi sönümleme olmuyor?” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Öğrencinin soruya verdiği yanıt “eminim vardır biraz” şeklinde olmuştur. Kavramsal anlama testindeki, tek yarıta girişim deseni ile ilgili ilk soruda, yapıcı ve bozucu girişimi doğru bir şekilde açıklamasına rağmen, K2 öğrencisi bu bilgisini bu soruya (3.soru) transfer etme güçlüğü yaşamaktadır ve bütüncül bir kavramsal anlamayı gerçekleştirememiştir. Yine üçüncü sorunun analizi kısmında görüleceği gibi kendisi ile görüşme yapılan K2 ve K4 öğrencilerinde yol farkı kavramına ilişkin kavram yanılgıları kendisini göstermektedir. Bu öğrenciler “yol farkı eşit olduğunda” gibi bir ifade kullanmışlardır. K4 öğrencisine yol farkının nasıl eşit olacağı sorulunca, “bu doğrular eşit olunca yol farkı eşit olur” şeklinde yanıt vermiştir. Oysaki kendisinin yapmış olduğu yol farkı tanımına göre $|K_1P|$ ve $|K_2P|$ doğruları eşit olursa, yol farkı sıfır olacaktır. Bu sonuç K4’ün bilgilerinin zihin süzgecinden geçirmedini göstermektedir. Yol farkı kavramına ait kendilerine anlatılmaya çalışılan bilgileri henüz işleyemeden kendilerini problemlerin çözümü aşamalarında bulan kontrol grubu öğrencilerinin kavramsal değişim süreçlerinde sorun yaşadıkları açıkça görülmektedir. Bu durum öğretimin planlanması bakımından önemli bir noktadır. Işığın dalga modeli konusunun öğretiminde, yol farkı kavramı üzerinde önemle durulmalıdır. Bu konuda öğrenci fikirlerine değer verilmeli, öğrencilerin yol farkı kavramına ait anlamaları ortaya çıkarılmalı, bu anlamaların bilimsel görüşle uyumlu hale getirmek amacı ile etkinlikler tasarlanmalıdır. Deney grubu öğrencilerinde yol farkı ile ilgili yanlış anlamalara rastlanmamıştır. Deney grubu öğrencileri ile gerçekleştirilen öğretimde “ışığın su dalgalarına benzetilmesi” üzerinde oldukça durulması ve bu konuda yapılan tartışma öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırmıştır.

Öğretim sonrası uygulanan testteki ışığın farklı bir saydam ortam yüzeyine geldiğinde yansıma ve kırılma özelliklerini bir arada göstermesi olayı ile ilgili dördüncü soruya, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %19’u, kontrol grubu öğrencilerinin ise %10’u bilimsel olarak tam doğru yanıt vermişlerdir. Her iki gruptaki öğrencilerin %5’i dalga özelliğinin vurgulandığı ve kısmen doğru kabul edilebilecek yanıtlar vermişlerdir. Son testte, deney grubu öğrencilerinin %48’i,

kontrol grubu öğrencilerinin ise %50'si soruya “hem yansıma hem kırılma” özelliğinin vurgulandığı, bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilen yanıtlar vermişlerdir. Son testte kısmi yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D1 ve D4 ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşmeler bu öğrencilerin açıklama niteliği bakımından zayıf yanıt verdiklerini, aslında bilimsel görüş ile bire bir uyumlu fikirlere sahip olduklarını ortaya koymuştur. Kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinde diğer soruların analizinde ortaya çıkan durumun benzeri ortaya çıkmış, öğrencilerde ciddi kavram yanlışlarına rastlanmıştır. Örneğin K3 öğrencisi, kendisi ile yapılan öğretim sonrası görüşmede “kız çocuğunun vitrin camında kendini görmesi” olayını “yansıyan ve kırılan ışınların girişimi” şeklinde açıklamıştır. Oysa, bilimsel olarak çocuğun vitrinde kendini görme sebebi ışığın dalga karakteri göstererek cam yüzeyinde hem yansıma yapması hem de kırılmaya uğramasıdır. Öğrenci öğrendiklerini zihin süzgecinden geçirme fırsatını bulamamış gözükmektedir. Bunun nedeninin öğrenci fikirlerinin önemsenmediği, paylaşımsız ve otoriter bir öğrenme ortamı olduğu düşünülmektedir. Çocuğun vitrin camında kendini görmesi ile ilgili örnekler (su birikintisinde kendimizi görmemiz, denizin mavi görülmesi v.b), hem deney grubunda hem de kontrol grubunda vurgulanmıştır. Ancak görülüyor ki; kontrol grubundaki öğrenciler etkileşimin olmadığı bir ortamda öğrendiklerini işleme, neden sonuç ilişkilerini kurma gibi noktalarda eksik kalmışlardır.

Kontrol grubu öğrencilerinden K1 ile yapılan görüşmede, K3 öğrencisinde karşılaşılanla benzer bir tablo ortaya çıkmıştır. K1 yansımanın olacağını kesin bir dille söyleyebilmekte, ancak testte yanıt olarak yazdığı girişimi olayın neresine koyacağını bilememektedir. K1 öğrencisi, K3 öğrencisinde olduğu gibi ince zarda girişim konusuna ait düşünceleri ile ışığın yansıma ve kırılma özelliklerini bir arada göstermesi olayı hakkındaki öğrenci fikirlerini inceleyen dördüncü soruya ait düşünceleri arasında bir karışıklık yaşamaktadır. Öğrenciye testteki dördüncü soruya verdiği yanıtta neden “girişim” ifadesini kullandığı sorulduğunda, öğrenci neden girişim yazdığını hatırlamadığını söylemiştir. Aradan kısa bir zaman geçmesine rağmen testte verdiği yanıtta ait düşüncelerini hatırlayamaması yine öğrencinin bilgiyi sorgulamadığını ve neden sonuç temeli üzerine kurmadığını göstermektedir. Bu durum kontrol grubunun bilgiyi yapılandırma konusundaki bir eksikliği olarak

karşımıza çıkmaktadır. Ancak vurgulanmalıdır ki, kontrol grubunda olup son testte dördüncü soruya kısmi yanıt vermiş olmasına rağmen, kendisi ile gerçekleştirilen görüşme K5 öğrencisinin bilimsel olarak tam doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu sonuç, bireysel öğrenme yöntemleri arasındaki farklılıklar olarak yorumlanmalıdır.

Son teste genel olarak bakıldığında, ışığın yansıma ve kırılma özelliklerini bir arada göstermesi olayı hakkındaki öğrenci fikirlerini inceleyen dördüncü soruya verilen bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar bakımından kontrol grubu (%90), deney grubunun (%81) önünde görülmektedir. Ancak bu sonuç değerlendirilirken sadece sayısal veriler değil, yukarıda üzerinde durulan nitel veriler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Araştırmanın en güçlü yanlarından biri daha önce vurgulandığı gibi, üzerinde sıkça çalışılmayan bir konu olan ince zarda girişime dair öğrencilerin zihnindeki kavramsal değişimi incelemesidir. Bu inceleme kavramsal anlama testindeki beşinci soru aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Beşinci sorunun son test analizlerine bakıldığında, deney grubu öğrencilerinin %57'sinin, kontrol grubu öğrencilerinin %25'inin bilimsel olarak tam doğru yanıt verdiği görülecektir. Deney grubu tam doğru yanıtlar bakımından kontrol grubunun önündedir. Genel olarak, deney grubunun %90'ı, kontrol grubunun ise %65'i soruya bilimsel olarak kabul edilebilen yanıtlar vermişlerdir. Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar bakımından da deney grubu, kontrol grubunun önündedir.

Beşinci soruya son testte kısmen doğru yanıt veren deney grubu öğrencileri ile yapılan görüşmeler, öğrencilerin aslında bilimsel anlamda tam doğru düşündükleri ancak testte yanıt verirken nitelik bakımından zayıf açıklamalar yaptıklarını ortaya çıkarmıştır. Kısmen doğru yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinde ise görüşme sırasında açıklamalar detaylandırıldığında kavram yanlışlarına rastlanmıştır. Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt veren K1 öğrencisi özellikle, zar üzerinde neye göre renklenmenin olduğu, zar kalınlığının girişime etkisi gibi konulara açıklık getirememiştir. Bu durum öğretim bakımından önemli

bir bulgudur. Öğretim aşamalarında yol farkı – zar kalınlığı, yol farkı – dalga boyu ilişkileri üzerinde önemle durulmalıdır.

Öğretim sonunda ortaya çıkan en önemli sonuçlardan biri de kontrol grubu öğrencilerinin %25'inin sabun köpüğündeki renklenmeyi açıklamak için hibrit model geliştirmeleridir. Örneğin K2 öğrencisi, ışığın köpük üzerinde girişim yaptığını, aydınlıkların yapıcı girişim, karanlıkların bozucu girişim sonunda meydana geldiğini belirtmesine rağmen, köpüğün renklenmesi olayını, ışığın renklerine ayrılması olarak açıklamıştır. Bu öğrenci ışığın tanecik modeli ile dalga modelini bir arada kullanmaktadır. Ortaya çıkan bu durum öğrencinin yeterince tatmin olmadığına ona kolay gelen eski bilgilerini kullanmaya devam ettiğini göstermektedir. Bu sonuç Gilbert ve Ark (1982)'nin savundukları görüş ile uyum göstermektedir.

Benzer bir durum deney grubu öğrencilerinden D1'de de görülmüştür. D1 öğrencisi son testte “olayları geometrik optik ile açıklayan yanıtlar” kategorisine uygun yanıt vermiştir. Ancak kendisi ile gerçekleştirilen son görüşmede aslında ışığın dalga modeli fikrine sahip olduğu, ince zarda girişimi başarı ile açıkladığı gözlenmiştir. Kendisine renklenmenin nedeni sorulduğunda “beyaz ışığın renklerine ayrılması olayıdır” şeklinde bir yanıt alınmıştır. Son testte verdiği yanıt hibrit yanıtlar kategorisinde bulunmasa da son görüşme kendisinin hibrit modele sahip olduğu izlenimini vermiştir. Deney grubunda D1 öğrencisinden başka hibrit model bulgusuna rastlanmamıştır.

Öğretim sonunda uygulanan son testteki altıncı sorunun analizlerine bakıldığında, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %14'ünün, kontrol grubu öğrencilerinin %30'unun soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt verdikleri görülmektedir. Sayısal verilere göre kontrol grubu tam doğru yanıtlar bakımından önde görülmektedir. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinden D1 ile yapılan görüşme, kendisinin hava kamasında girişime ait doğru bir kavramsal anlamaya sahip olduğu ortaya çıkarmıştır. Ancak D1 öğrencisi hava kaması sistemi beyaz ışık ile aydınlatıldığında cam yüzeyinin renkleneceğini, bu olayın ışığın renklerine ayrılması şeklinde açıklanabileceğini düşünmektedir. D1 önceki soruda da sabun köpüğünün renklenmesi olayı beyaz ışığın renklerine

ayrılması şeklinde açıklamıştır. Işığın renklerine ayrılması fikri öğretim sonunda kavramsal değişime karşı direnmiştir. Kendisi ısrarlı bir şekilde bu fikri savunmaktadır.

Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden K3, hava kaması üzerinde görülen girişim desenini başarı ile açıklamıştır. Ancak önceki soruda sabun köpüğünün renklenmesi olayını açıklayamadığı gibi, hava kaması üzerine beyaz ışık düşürüldüğünde camın renkli gözükeceğini söylemekte ancak bu durumu açıklayamamaktadır.

Son testte, deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %52'si, kontrol grubu öğrencilerinin %30'u altıncı soruya bilimsel olarak kısmen doğru yanıtlar vermişlerdir. Kısmen doğru yanıt veren deney grubu öğrencilerinden kendisi ile öğretim sonunda görüşme yapılan D2 (aydınlık karanlık saçakların hava kaması üzerinde dizilimini açıklayamamıştır), D3 ve D5 öğrencilerinin görüşlerinin aslında bilimsel olarak tam doğru olduğu ortaya çıkarılmıştır. Kısmen doğru yanıt veren kontrol grubu öğrencisi K4'ün fikirleri genel olarak bilimsel görüşe doğru değişim göstermiştir. Ancak önceki soruda sabun köpüğü üzerindeki renklenmeyi başarı ile açıklamasına rağmen, hava kamasındaki renklenmenin nedenini açıklayamamıştır. Bu durum K4 öğrencisinin bilgiyi transfer etme güçlüğü yaşadığını göstermektedir. Ayrıca aydınlık – karanlık saçakların neden ardışık bir biçimde cam levha üzerinde dizildiklerini açıklayamamıştır. Bu dizilimin açıklanamaması bulgusuna kendisi ile son görüşme yapılan kontrol grubu öğrencileri K1, K2, K5 öğrencilerinde de rastlanmaktadır. Bu sonuç kontrol grubundaki öğretimin eksiklerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Deney grubunda kendisi ile görüşme yapılan beş öğrencinin birinde, kontrol grubundaki ise kendisi ile görüşme yapılan beş öğrencinin dördünde, aydınlık – karanlık saçakların hava kaması üzerinde dizilişlerinin açıklanamaması bulgusuna rastlanmıştır. Bu durum fen öğretimi için önemli bir sonuçtur.

Öğretim sonrası gerçekleştirilen görüşmelerde K1, K2, K4, K5 öğrencilerinin, hava kaması beyaz ışıkla aydınlatıldığında renkli gözükeceği ve bunun beyaz ışığın

renklerine ayrılması olayı ile açıklanabileceği fikrine sahip oldukları ortaya çıkarılmıştır. K3 öğrencisi de renklenmenin olması gerektiğini söylemiş ancak, renklenmeyi açıklayamamıştır. Deney grubu öğrencilerinden D1 haricinde kendisi ile görüşme yapılan D2, D3, D4 ve D5 öğrencileri hava kamasının renklenmesi olayının yol farkı – dalga boyu ilişkisinden kaynaklandığını vurgulamışlar ve bu anlamda bilimsel görüşle uyumlu fikirleri olduğunu göstermişlerdir. D1 öğrencisi ise hibrit model geliştirmiştir. Önceden de belirtildiği gibi bu öğrenci hava kamasında ışığın girişimini başarı ile açıklamakta ancak hava kaması beyaz ışıkla aydınlatıldığında beyaz ışığın renklerine ayrılarak hava kamasının renkli gözükeceğini belirtmektedir.

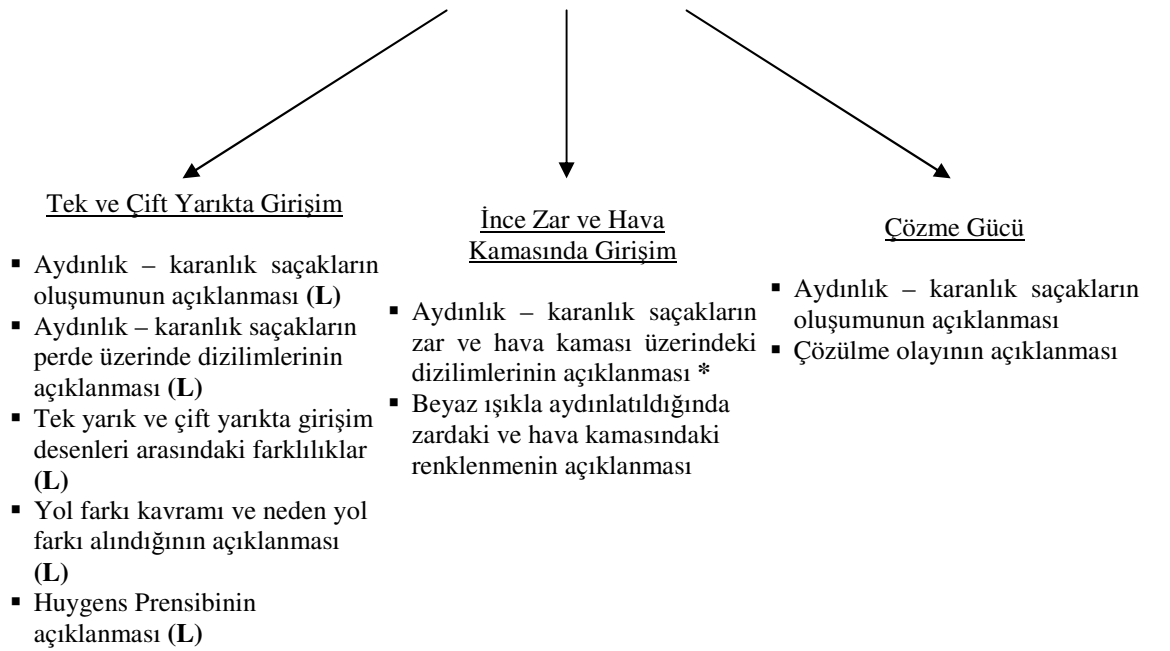
Yedinci sorunun son test analizleri deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %67'sinin, kontrol grubu öğrencilerinin ise %30'unun soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt verdiklerini göstermektedir. Sayısal veriler, son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt bakımından deney grubunun oldukça önde olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte öğretim sonrasında gerçekleştirilen görüşmeler, deney grubu lehine sayısal verilerin gösterdiği farklılıktan daha fazla farklılık olduğunu ortaya koymuştur. Bilimsel olarak tam doğru yanıt veren dört deney grubu öğrencisi ile gerçekleştirilen görüşmeler bu dört öğrencinin gerçekten de bilimsel görüşe doğru fikirlerini değiştirdiklerini ortaya koymuştur. Ancak aynı kategoride yanıt veren dört kontrol grubu öğrencisinin ikisinde çözme gücü olayı ile girişimin ilgisinin olmadığını düşünülmesi gibi (K1 ve K3) ciddi boyutlarda kavram yanlışları ve öğrenme eksikleri görülmüştür.

Çalışmadaki önemli sonuçlardan biri de kavramsal anlama testindeki sorulara kısmi yanıt veren deney grubu öğrencileri ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşmelerde, bu öğrencilerin genelinde aslında bilimsel görüş ile bire bir uyum içinde olan fikirlere sahip olduklarıdır. Ancak kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinin genelinde öğrenme eksikleri ve kavram yanlışlarına sıkça rastlanmıştır.

6.1.2.3 Öğretim Sonrasında Öğrencilerin Öğrenme Eksikliği Yaşadığı Konu ve Kavramlar ve Israrla Savunulan Kavram Yanılgıları

Son test olarak uygulanan kavramsal anlama testi ve öğretim sonrası gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen bulgular doğrultusunda, öğrencilerin öğrenme eksikliği yaşadığı konu ve kavramlar ile birlikte ısrarla savunulan kavram yanılgıları kategorize edilmiş ve sırasıyla Şekil 6.1.(a) ve Şekil 6.1.(b)'de verilmiştir.

Öğrenme Eksikliği Yaşanan Konu ve Kavramlar



Şekil 6.1.(a): Kontrol grubu öğrencilerinin öğretim sonrası uygulanan test ve görüşmeler ile ortaya çıkarılan öğrenme eksikliği yaşadığı konu ve kavramlar ile açıklamakta zorluk yaşadıkları noktalar. (maddelerin yanındaki * işareti bu öğrenme eksikliğinin deney grubunda da görüldüğünü, maddelerin yanındaki (L) harfi bu duruma literatürde de rastlandığını göstermektedir. L harfi bulundurmeyen maddeler sadece bu araştırma sonucunda bulunan öğrenme eksikleridir.)

Şekil 6.1.(a)'daki öğrenme eksikliği yaşanan konu ve kavramların ilki aydınlık – karanlık saçakların oluşumunun açıklanmasıdır. Kendisi ile görüşme yapılan kontrol grubu öğrencilerinde aydınlık – karanlık saçakların oluşumunun açıklanması konusunda öğrenme eksikleri görülmüştür. Örneğin öğrenciler “girişim” ifadesini kullanmakta ancak girişimi çift yarık deseninin açıklanmasına uygulayamamaktadırlar. Deney grubunda gerçekleştirilen öğretim öğrencilerde bu

öğrenme eksiğinin oluşmasını engellemiştir. Kontrol grubu öğrencilerinin aydınlık – karanlık saçakların oluşumu konusundaki öğrenme eksiklerinin paylaşımsız ortamdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kontrol grubu öğrencileri düşüncelerinin önemsenmediği bir öğrenme ortamında fikirlerini zihin süzgecinden geçirerek yapılandırma fırsatı bulamamışlardır. Bu nedenle aydınlık – karanlık saçakların perde üzerinde dizilimini, çift ve tek yarıktaki girişim deseni arasındaki farklılıkları açıklama açısından öğrenme eksiklerine sahiptirler.

Bu araştırmanın en önemli ve literatür ile uyum içinde olan bulgularından biri de kontrol grubu öğrencilerinin yol farkı kavramı ve yol farkı alma yöntemi konusunda öğrenme eksiklerine sahip olmalarıdır. Öğretim sonrasında kendisi ile görüşme yapılan beş kontrol grubu öğrencisinden dördünde yol farkı ile ilgili öğrenme eksiklerine rastlanmıştır. Deney grubundaki öğretim, öğrencilerin yol farkı konusundaki öğrenmelerini kolaylaştırmıştır. Şekil 6.1.(a)'da görüldüğü gibi, yol farkı konusunda deney grubu öğrencilerinde öğrenme eksiğine rastlanmamıştır.

Kontrol grubu öğrencileri Huygens Prensibi'ne karşı direniş göstermişlerdir. Gerek prensibin anlaşılmasının zor olması, gerekse öğrencilerin yeterince tatmin olmaması kontrol grubu öğrencilerinde Huygens Prensibin kullanılma sıklığını azaltmıştır. Kontrol grubu öğrencilerinin belli çoğunluğu Huygens Prensibine alternatif olarak ışığın yarığın uçlarında bükülerek girişim yapması fikrini benimsemiştir.

Şekil 6.1.(a)'da görüldüğü gibi aydınlık – karanlık saçakların zar ve hava kaması üzerinde dizilimlerinin açıklanması konusunda hem deney grubu hem de kontrol grubu öğrencilerinde öğrenme eksiklerine rastlanmıştır. Ancak deney grubunda kendisi ile görüşülen beş öğrenciden sadece birinde, kontrol grubunda ise beş öğrenciden dördünde bu öğrenme eksiğine rastlandığı vurgulanmalıdır.

Kontrol grubu öğrencileri beyaz ışık ile aydınlatılan zar ve hava kamasının renklenmesi olayının açıklanmasında öğrenme eksiklerine sahiptirler. Ayrıca çözme gücü konusunun öğretim aşamalarında yapılan deneylerdeki aydınlık – karanlık saçakların oluşumunu açıklayamamışlardır. Kontrol grubu öğrencileri girişim ile

ilgili bilgilerini çözüme gücü konusuna transfer etme güçlüğü yaşamışlardır. Tartışma ortamının oluşmadığı, fikirlerin gözden geçirilmediği bir öğrenme ortamı, öğrencilerin bilgiyi işleme ve transfer etme noktalarında eksik kalmalarına neden olmuştur. Deney grubu öğretiminin, öğrencilere çözüme gücü konusunu anlamalarında ve girişim ile ilgili bilgilerini bu konuya transfer etmelerinde yardımcı olduğu görülmektedir.

Kavram Yanılgıları

Hibrit Modeller

Tanecek modeli ile dalga modelinin bir arada kullanılması

- Tek yarıktaki girişimde merkezi aydınlık saçığın tanecek modeli ile diğer saçıkların dalga modeli ile açıklanması * (L)
- İnce zarda girişimin belirtilmesi ile birlikte renklenmenin, beyaz ışığın renklerine ayrılması ile açıklanması *
- Hava kamasında girişimin belirtilmesi ile birlikte, renklenmenin, beyaz ışığın renklerine ayrılması ile açıklanması *

Okul öğretmeni ile araştırmacının yaptığı öğretimin birlikte kullanılması

- Tek yarıktaki girişim yarığın uçlarında bulunan ışığın girişimi ile olur * (L)

Yol Farkı Kavramına İlişkin Kavram Yanılgıları

- Perde üzerindeki bir noktanın kaynakların orta noktasına birleştirilmesi (L)
- Perde üzerindeki bir noktanın kaynaklar ile birleştirilmesi ile oluşan doğrular eşit olduğunda, yol farkı eşit olur
- Perde üzerindeki bir noktanın kaynaklar ile birleştirilmesi ile oluşan doğrular eşit olduğunda perde üzerinde aydınlık oluşur

Işık Dalga Modeli

- Tek ve çift yarık bağintılarının birbirine karıştırılması (L)
- Sıradan bir camda oluşan görüntü, yansıyan ve kırılan ışınların girişimi ile açıklanabilir.
- İnce zarda girişimde karanlık sadece zarin ince kısmında olur.
- Çözme gücü ile girişim ilgili değildir.

Şekil 6.1. (b): Kontrol grubundaki öğrencilerdeki öğretim sonrasında görülen kavram yanılgıları. (Maddelerin yanındaki * işareti ilgili kavram yanılığının deney grubunda da görüldüğünü, maddelerin yanındaki (L) harfi bu duruma literatürde de rastlandığını göstermektedir. L harfi bulundurmeyen maddeler sadece bu araştırma sonucunda bulunan kavram yanılgılarıdır.)

Çalışmanın önemli bulgularından biri de öğrencilerin hibrit model geliştirmeleridir. Tek yarıktaki girişimde merkezi aydınlık saçığın tanecik modeli ile diğer saçıkların dalga modeli ile açıklanması yanılığın hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerinde görülmüştür. Bunun en büyük nedeninin Huygens prensibinin kullanımının öğrencilere zor gelmesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca öğrenciler okul öğretmeninin yapmış olduğu öğretimden etkilenmişlerdir. Okul öğretmeni yapmış olduğu ışığın dalga modeli öğretiminde, tek yarıktaki girişimi Huygens prensibini kullanmadan “ışığın yarığın uçlarında bükülerek girişim yapması” şeklinde açıklamıştır. Dolayısıyla bu açıklama öğrencilere kolay anlaşılır ve uygulanabilir gelmiştir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin bazıları sabun köpüğünün renklenmesini, ince zarda girişim ile birlikte beyaz ışığın renklerine ayrılması olarak açıklamışlardır. Bu öğrenciler ışığın dalga modeli ile tanecik modelini bir arada kullanmaktadırlar. Bu duruma geometrik optik bilgilerinin güçlü etkisini sürdürmesinin neden olduğu düşünülmektedir. Işığın dalga modeli fikri öğrenciler için yeni ve zor bir bilgidir. Hibrit model geliştirilmesi durumuna deney grubu öğrencilerinden yalnızca birinde (D1) rastlanmıştır. Vurgulanmalıdır ki; kontrol grubunda kendisi ile görüşme yapılan 5 öğrencinin 4’ünde hibrit modele rastlanmıştır.

Çalışmanın en önemli ve literatür ile uyum içinde olan bulgularından biri de kontrol grubu öğrencilerinde yol farkı ile ilgili kavram yanılıklarına rastlanmıştır. Bu durumun nedeninin kontrol grubu öğrencilerinin edindikleri bilgiyi yeterince işleme ve gözden geçirme fırsatı bulamamaları olduğu düşünülmektedir. Yine kontrol grubu öğrencilerinden biri (K3) sıradan bir camda oluşan görüntünün yansıyan ve kırılan ışınların girişimi ile açıklanabileceğini düşünmektedir. Ayrıca kontrol grubu öğrencilerinin bazıları çözme gücü konusu ile girişimin ilgili olmadığını düşünmektedirler.

6.2 Öneriler

Bu bölümde araştırmacının bu çalışma süresince kazandığı deneyimler aktarılmakta ve konu ile ilgili araştırma yapmak isteyen diğer araştırmacılara ve “ışığın dalga modeli” konusunun öğretimini yapacak olan fizik öğretmenlerine ve fizik dersi öğretim programına yönelik öneriler yer almaktadır.

6.2.1 Araştırmacının Kazandığı Deneyimler ve Konu İle İlgili alışma Yapacak Araştırmacılara Yönelik Öneriler

Deney grubunda, yapılandırmacı yaklaşım temel alınarak gerçekleştirilen öğretim öğrenci merkezli etkinliklere dayanmaktadır. Etkinliklerde öğrencilerin büyük performans göstermesi gerekmektedir. Araştırmacının uygulama yaptığı 11.sınıflarda ÖSS başarısı öncelikli hedef olduğundan öğrenciler zaman zaman yaptıkları etkinlikler yerine çoktan seçmeli soru çözme önerisinde bulunmuşlardır. Ayrıca öğrencilerin Bölüm 4’de (Öğretim Bölümü) görüleceği gibi öğretimin son bölümünde artık sıkıldıklarını belirttikleri görülmüştür. Aslında öğrenciler öğretimden çok memnun olduklarını ancak zaman kaybına tahammüllerinin olmadığını belirtmişlerdir. Deney grubu öğrencilerinin özellikle son bölümdeki sıkıntılı halleri kameradaki görüntülerde de gözlenmiştir. Okul öğretmeni, araştırmacıya öğrencilerin yanında sözlü notu verme yetkisi vermiştir. Ancak bu yöntem son bölümde öğrenciler üzerindeki etkisini kaybetmiştir. ÖSS’ye girecek adaylara yapılacak çalışmalarda öğrencilere yapılan öğretimin ardından çoktan seçmeli sorular içeren ev ödevi verilmesinin öğrencilerin motivasyonunu artıracakđ düşünölmektedir. Öğrencilerde, araştırmanın, okulda süren öğretimden kopuk bir çalışma olduğu hissi uyandırılmamalıdır. Okul öğretmeninden araştırma süresince yardım alınmalıdır.

Öğrencilerin araştırmanın başlamasından önce okul öğretmenin ve dershanelerin yaptığı öğretime katıldıkları daha önce de belirtilmiştir. Bu durum ön testte araştırmaya bir veri kaybı yaşatmıştır. Öğrenciler genel olarak varsa hatırlayabildikleri noktaları yazmışlar, hatırlayamadıklarında ise soruyu boş

bırakmışlardır. Dikkat edilirse özellikle deney grubunda ön testte soruların yanıtız bırakılması oranı hayli yüksektir. Çalışma bu nedenle öğretime direnerek kalan veya öğretim sırasında oluşan kavram yanlışları üzerinde daha vurgulu bir şekilde durmaktadır. Konunun öğretimini almamış öğrenciler ile yapılacak bir çalışma ile bu araştırmanın desteklenmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma 2005/2006 öğretim yılında üniversiteye giriş sınavındaki değişiklik nedeniyle yeniden önemli hale gelen 11.sınıf konularından “ışığın dalga modeli” ile sınırlıdır. Soyut kavramlar içeren “elektromagnetik dalgalar”, “atom teorileri”, “yükü parçacıkların elektrik alandaki hareketi” gibi konularda da çalışma yapılarak öğrencilerin kavramsal anlamalarının incelenmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

6.2.2 Fizik Öğretmenlerine Yönelik Öneriler

Bu araştırmadan edinilen deneyimlere dayanılarak ışığın dalga modeli konusunun öğretimini yapacak öğretmenlerine öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Her iki grupta da işlenen temaların ve gerçekleştirilen etkinliklerin aynı olmasına rağmen deney grubunun nitel ve nicel olarak kontrol grubuna göre daha başarılı olduğu bu araştırma ile ortaya konulmuştur. Bu durum öğrencilerin fikirlerine değer verilmesinin, onların sınıf içinde gösterdikleri performansın artırılmasının ve öğretimi bizzat yürüten kişiler olmalarına sebep olduğunu bir kez daha vurgulanmalıdır.

2. Öğretmenin rehber olduğu deney grubu öğretiminin, öğretmenin otorite ve tek aktif kişi olduğu kontrol grubu öğretimine göre daha başarılı olduğu bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

3. Özellikle kontrol grubu öğrencileri aydınlık – karanlık saçakların oluşumunun, perde, cam levha ya da hava kaması üzerinde bu saçakların

dizilmelerinin açıklanması konusunda problem yaşadıkları görülmektedir. Öğrenciler yeterince tartışma ve bilgileri zihin süzgecinden geçirme fırsatı bulamadıklarından yol farkı, dalga boyu ilişkisi kurma gibi noktalarda problem yaşamaktadırlar. Fizik öğretmenleri için özellikle yukarıda belirtilen noktalar üzerinde önemle durulmalı ve öğrencilerin öğrendikleri bilgiyi işleyerek yapılandırmalarına fırsat veren etkinliklere yer verilmelidir.

4. Kontrol grubu öğrenciler yol farkı alma ve yol farkını dalga boyu ile ilişkilendirme konularında sıkıntılar yaşamaktadırlar. Yol farkı kavramı konusunda deney grubunda gerçekleştirilen etkinliğin başarılı olduğu söylenilebilir. Bu nedenle bu çalışmada kullanılan etkinlik öğretmenlere model olması açısından önerilebilir.

5. Öğrenciler tek yarıқта girişim konusunda hibrit model geliştirmektedirler. Özellikle kontrol grubundaki öğrenciler (deney grubunda 1 kişi) ışığın yarığın uçlarında bükülerek girişim deseni oluşturacağı düşüncesinde ısrarlı olup Huygens Prensibine karşı direniş göstermişlerdir. Ayrıca bazı öğrenciler ışığın dalga modeli ile tanecik modelini bir arada kullanarak tek yarıқта merkezi aydınlık saçığı tanecik modeli ile diğer aydınlık – karanlık saçıkları dalga modeli ile açıklamaktadırlar. Bu bilimsel olarak kabul edilemeyen bir durumdur. Bilimsel görüşün, ışığın dalga ve tanecik modelinin tamamen farklı kavramlar olarak ele alınması gerektiği yönünde olduğu unutulmamalıdır.

6. Deney grubundaki öğrenciler dersin bilgisayar aracılığıyla işlenmesinin öğrenmelerini kolaylaştırdığı konusunda fikir birliğine sahiptir. İleride ışığın dalga modeli konusunun öğretimini yapacak öğretmenlere, çift yarıқта girişim gibi çizimi zor olan şekilleri bilgisayar yardımıyla göstermeleri önerilebilir.

7. Deney grubu öğretiminde ince zar ve hava kamasının renklenmesi konusu ile ilgili gerçekleştirilen etkinlikler öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştırmıştır. Öğretim sonrasında kendisi ile görüşme yapılan deney grubu öğrencilerinde ince zarın ve hava kamasının beyaz ışıkla aydınlatılması sonucunda renklenmesi ile ilgili her hangi bir kavram yanılgısına ve öğrenme eksikğine (Şekil 6.1) rastlanmamıştır. Kontrol grubu öğrencileri ise aynı konu ile ilgili hibrit model geliştirmiştir. Kendisi

ile görüşme yapılan beş öğrencinin dördünde hibrit modele rastlanmıştır. Öğrenciler ince zar ya da hava kaması üzerinde oluşan aydınlık – karanlık saçakları *girişim* ile açıklamakta, ancak beyaz ışık kullanıldığında oluşan renklenmeyi *beyaz ışığın renklerinin farklı şekillerde kırılarak renklerine ayrılması* olarak açıklamaktadırlar. Bu model bu çalışmada *prizma modeli* olarak isimlendirilmiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerden biri de olayı gökkuşağının oluşumuna benzetmiştir.

8. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinde aydınlık – karanlık saçakların perde, zar ya da hava kaması üzerindeki muntazam dizilişlerinin açıklanması konusunda eksikler görülmüştür. Deney ve kontrol gruplarında yapılan öğretimlerin bu anlamda tam etkili olmadıkları gözükmemektedir. Ancak deney grubunda az önce sözü edilen dizilişi açıklayamayan öğrenci sayısı çok azken, kontrol grubunda fazladır. Fizik öğretmenlerinin bu çalışmada gerçekleştirilen öğretimi hazırlayacakları çalışma yaprakları ile geliştirerek ve konunun üzerinde daha uzun süre durarak öğrencilerin girişim deseni konusundaki öğrenmelerini kolaylaştırabilecekleri düşünülmektedir.

6.2.3 Fizik Dersi Öğretim Programına İlişkin Öneriler

Mevcut fizik dersi programının ışığın dalga modeli bölümü ile bu çalışmanın işlenen temaları arasındaki en büyük farklılık, ince zarda girişim konusuna geçilmeden önce “ışığın farklı saydam ortamın yüzeyine geldiğinde yansıma ve kırılma özelliklerini bir arada göstermesi” konusu üzerinde önemle durulmasıdır. 11.sınıf ders kitaplarındaki ince zar konusu bölümünde öğrenciler zar üzerinde yansıyan ve kırılan ışığın girişim yaptığı bilgisiyle aniden karşı karşıya kalmaktadırlar. Belki de, ışığın az yoğun ortamdan (hava) çok yoğun ortama (zar) geldiğinde yansıma yapmasının geometrik optik bilgilerine ters düştüğünü akıllarına bile getirmemektedirler. Öğrenciler “demek ki yansıma yapıyormuş” mantığı ile hareket etmeye zorlanmaktadırlar. Bu çalışmanın en önemli önerilerinden biri; ince zarda girişim konusu öğretiminden önce, ışığın farklı bir saydam ortamın yüzeyine geldiğinde kırılma ve yansıma özelliklerini bir arada göstermesi özelliğinin vurgulanmasıdır. “Denizin mavi görülmesi, su birikintisinde kişinin kendi

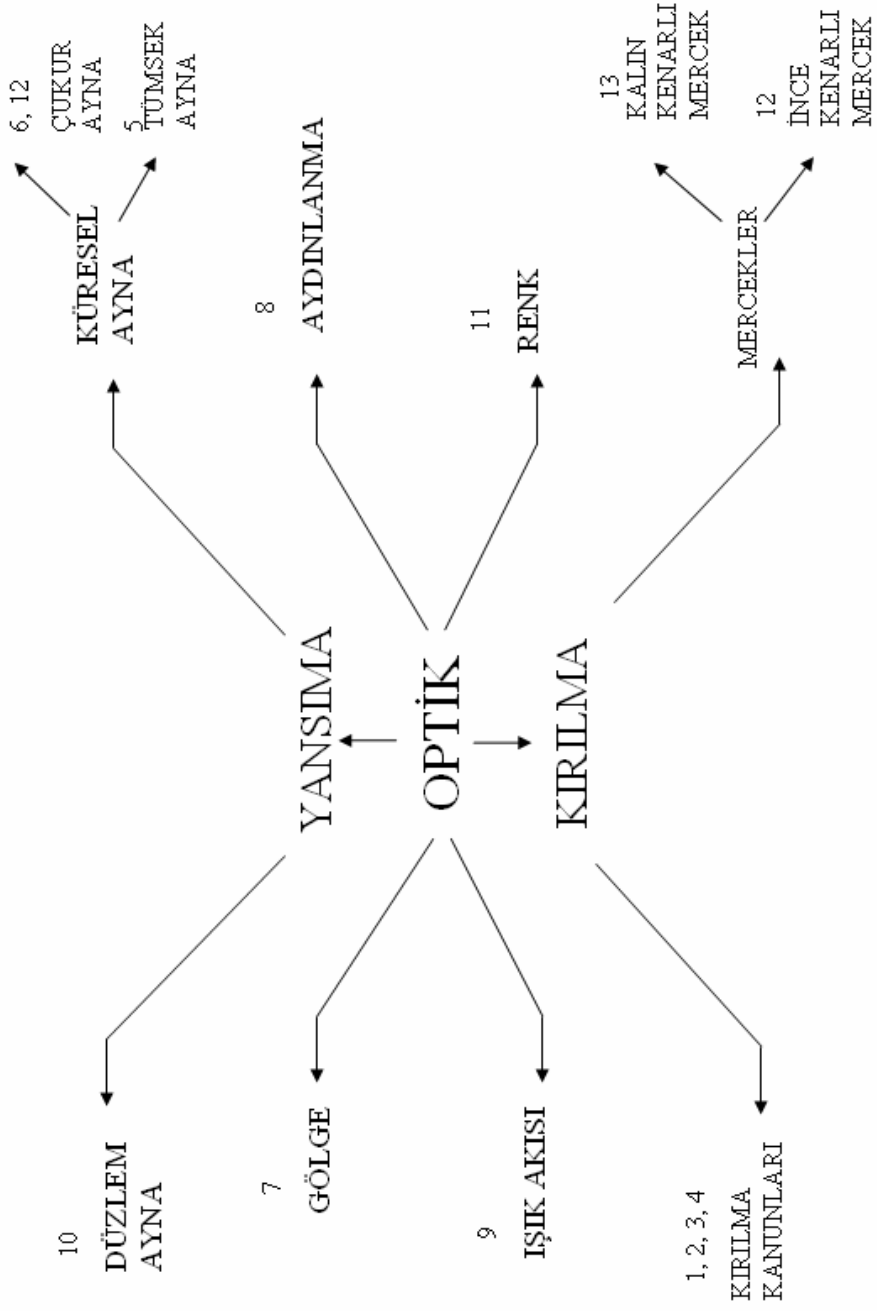
görüntüsünü görebilmesi, sıradan bir camda görüntü oluşması” gibi örnekler verilerek öğrencilerin bu özelliğinin farkına varmaları sağlanmalıdır. Öğrencilerin, ancak bu özelliğın farkında olduklarında ince zarda yansıyan ve kırılan ışığa anlam vererek bütüncül bir anlama gerçekleştirebilecekleri düşünölmektedir.

Ambrose ve ark (1999) yaptıkları çalışmada öğrencilerin tek ve çift yarıktaki girişim konularında *hibrit model* geliştirdiklerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışma da Ambrose ve ark (1999)’nın çalışmalarındaki bulguların benzerlerine ulaşılmış ve farklı olarak öğrencilerin ince zarda ve hava kamasında girişim ile ilgili hibrit model geliştirdikleri de ortaya konulmuştur. Bu anlamda 11 sınıf fizik dersi programına öğrencilerin ışığın dalga ve tanecik modellerini ayırt etmelerinde onlara yardımcı olacak etkinlikler konulmalıdır. Örneğın, ışık teorileri öğretimi sonunda öğrencilere fiziksel olaylar verilerek (yansıma, kırılma, girişim, kırınım, fotoelektrik olay, compton olayı, polarizyon, aydınlanma, yansıma ve kırılma özelliğini bir arada gösterme) bu olayların ışığın hangi modeli ile açıklanabileceğii sorulmalıdır. Bu konuda öğrencilerin kendi aralarında ve sınıfta tartışma ortamı içerisinde olmaları sağlanmalıdır.

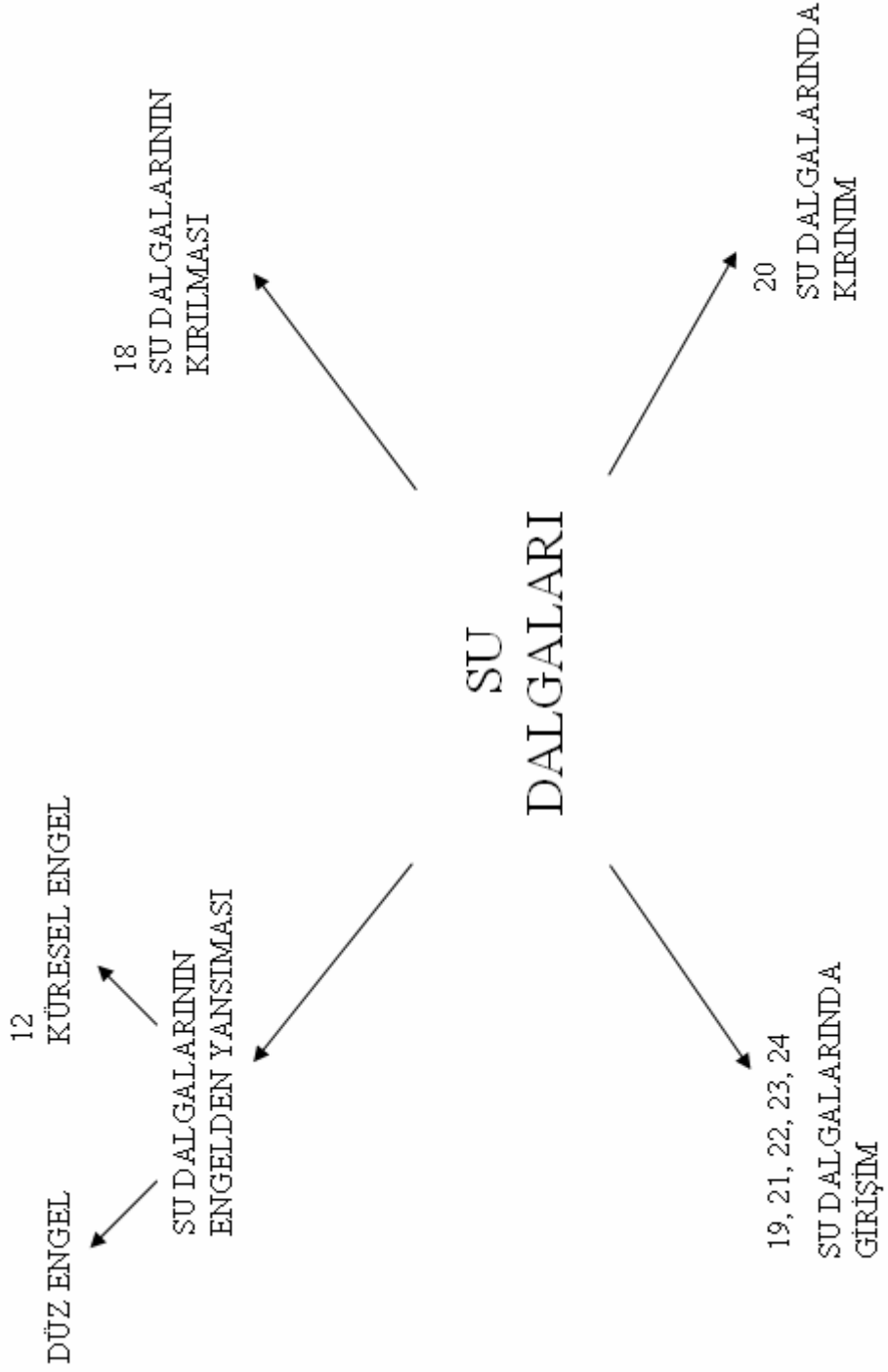
Ayrıca konunun “hazırlık soruları” kısmında yer alan sorular “İnce zarda girişim nedir” şeklinde olmamalıdır. “Yol üzerine dökölen motor yağının renkli görülmesini nasıl açıklarsınız” şeklindeki açık uçlu soruların öğrencilerin dikkatini daha fazla çekeceğii düşünölmektedir. Bulgular bölümünde değinildiğini gibi kavramsal anlama testinin uygulanmasından sonra bazı öğrenciler olayları açıklamak için defterlerini ve yardımcı kaynakları taramışlar ve çözüm aramışlardır. Kavramsal anlama testindeki soruların öğrencilerin ilgisini çektiğii gözlenmiştir. Böyle bir durum öğrencilerin soyut kavramları veya ilk defa gördükleri kavramları zihinlerinde anlamlandırmalarında günlük hayattan örneklerin ne denli etkili olacağını göstermektedir.

7. EKLER

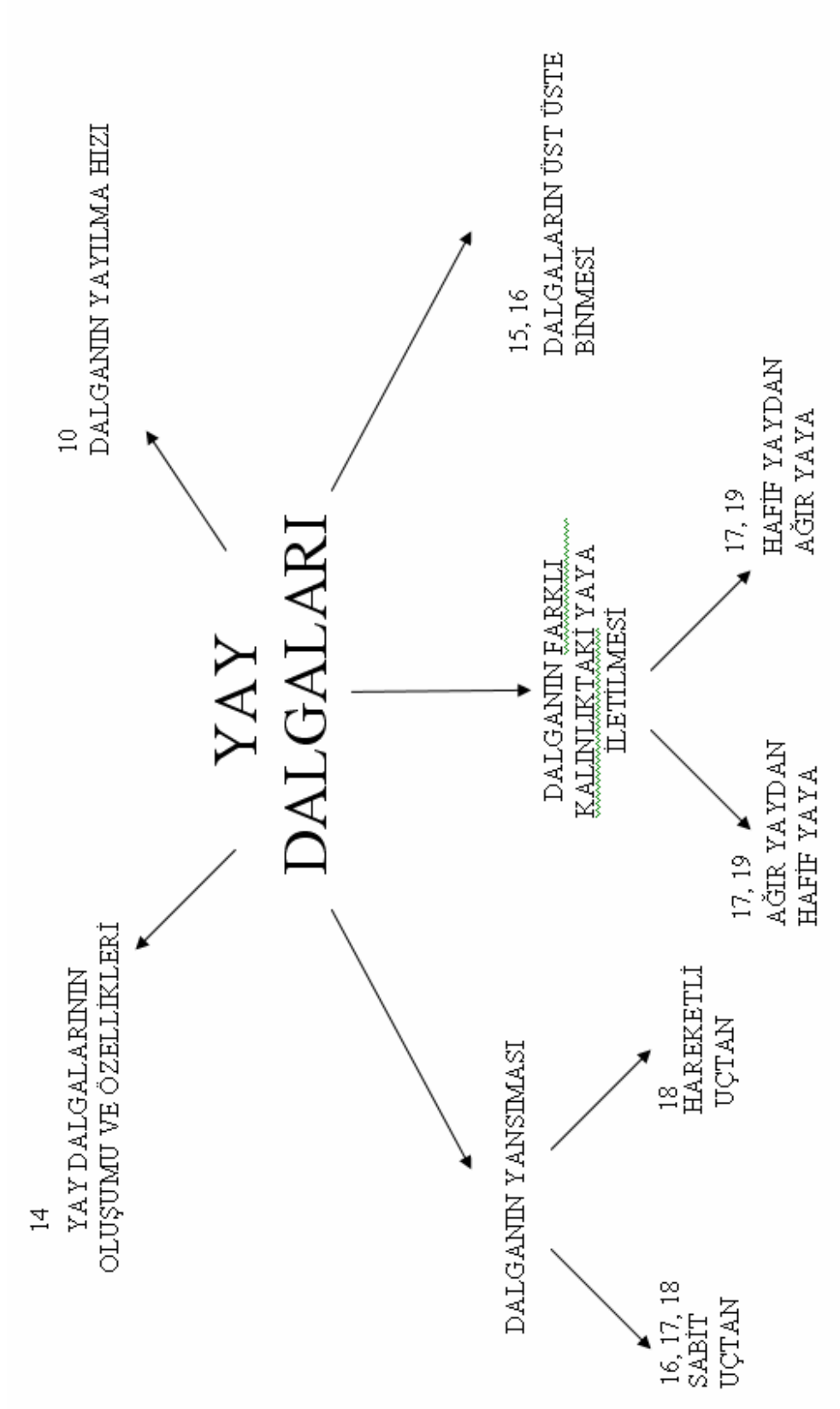
Ek A-1: Optik konusu ile ilgili kavram haritası



Ek A-2: Su dalgaları ile ilgili kavram haritası



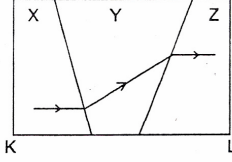
Ek A-3: Yay dalgaları konusu ile ilgili kavram haritası



Ek B-1: Hazır bulunuşluk testinin pilot çalışmadan önceki hali

HAZIR BULUNUŞLUK TESTİ

1.

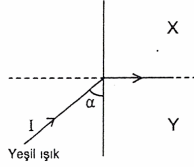


X ortamından KL yüzeyine paralel olarak gönderilen ışın, Z ortamına girdiğinde paralellliğini korumuştur.

Buna göre, ortamların kırıcılık indisleri arasında nasıl bir ilişki vardır?

- A) $n_X > n_Y > n_Z$ B) $n_Z > n_Y > n_X$ C) $n_Y > n_X = n_Z$
D) $n_Y > n_Z > n_X$ E) $n_X = n_Z > n_Y$

2.

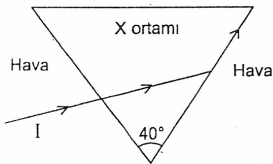


Yeşil renkli I ışınının X, Y ortamlarında izlediği yol şekildeki gibidir. Işığın Y ortamına geri dönmesi için:

- I. α açısı artırılmalıdır.
II. Kırmızı ışık kullanılmalıdır.
III. Y nin kırıcılık indisi artırılmalıdır.
işlemlerinin hangileri yapılabilir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

3.

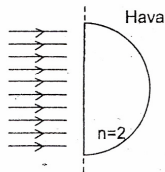


Saydam X ortamına gönderilen I ışını şekildeki yolu izliyor.

Buna göre X ortamından havaya çıkacak ışık için sınır açısı kaç derecedir?

- A) 20 B) 30 C) 40 D) 50 E) 60

4.

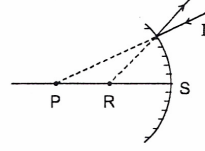


Yarım küre şeklindeki saydam ortama, ışınlar şekildeki gibi paralel olarak gönderiliyor. Saydam ortamın mutlak kırılma indisi 2 olduğuna göre,

bu ışınların yüzde kaç, ilk kez küresel yüzeye geldiklerinde dışarıya çıkabilirler? ($n_{\text{hava}} = 1$)

- A) 20 B) 25 C) 40 D) 50 E) 60

5.



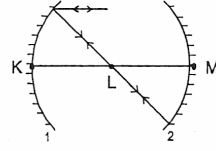
Tümsek aynaya gönderilen I ışınının izlediği yol gösterilmiştir. Buna göre:

- I. Aynanın odak noktası R - S arasındadır.
II. Aynanın merkezi P - R arasındadır.
III. RP arası uzaklık, RS uzaklığına eşittir.

Yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

- A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

6.

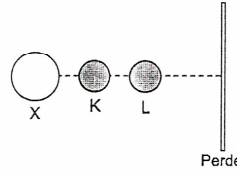


Birinci aynaya paralel gönderilen ışın, ikinci aynadan yansdıktan sonra kendi üzerinden geri dönüyor.

Noktalar arası uzaklıklar eşit olduğuna göre, $\frac{f_1}{f_2} = ?$

- A) $\frac{1}{4}$ B) $\frac{1}{2}$ C) 1 D) $\frac{3}{2}$ E) 2

7.

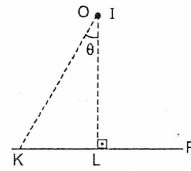


Küresel X ışıklı cismi ile, K ve L saydam olmayan toplar perde önüne şekildeki gibi konmuştur. Perde üzerinde tam ve yarı gölge oluştuğuna göre,

X, K ve L nin boyutlarından hangilerinin küçülmesi ile, tam gölgenin alanı küçülür?

- A) Yalnız K B) Yalnız L C) X ve K
D) X ve L E) K ve L

8.

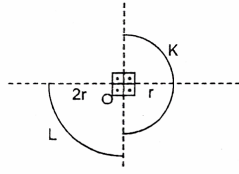


Noktasal ışık kaynağı O noktasına konduğunda, P yüzeyi üzerindeki K ve L noktalarında oluşan aydınlanma şiddetleri E_K ve E_L oluyor.

Buna göre, $\frac{E_K}{E_L}$ oranı kaçtır?

- A) $\cos^3 \theta$ B) $\cos^2 \theta$ C) $\cos \theta$ D) $\frac{1}{\cos \theta}$ E) $\frac{1}{\cos^3 \theta}$

9.

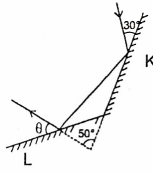


Yarıçapları r ve $2r$ olan küresel K ve L yüzeyleri merkezleri O noktasında çakışacak şekilde yerleştirilmiştir. O noktasına noktasal bir ışık kaynağı

konduğunda K ve L yüzeylerindeki toplam ışık akıları ϕ_K ve ϕ_L oluyor. Buna göre, $\frac{\phi_K}{\phi_L}$ oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{4}$ B) $\frac{1}{2}$ C) 1 D) 2 E) 4

10.

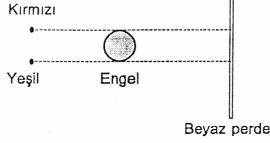


K aynası ile 30° açı yaparak gelen ışın L'yi θ açısı yaparak terk ediyor.

Buna göre, θ açısı kaç derecedir?

- A) 40 B) 50 C) 60 D) 70 E) 80

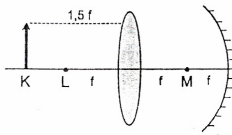
11.



Yukarıdaki sistemde perde üzerindeki gölgenin görüntüsü aşağıdakilerden hangisidir?

- A) B) C) D) E)

12.



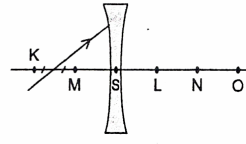
Odak uzaklıkları eşit ve F olan ince kenarlı mercek ve çukur ayna şekildeki gibi düzenlenmiştir.

Buna göre,

K noktasındaki cismin ilk görüntüsünün yeri nerededir?

- A) L ile mercek arası B) K - L arası
C) Mercek ile M arası D) M ile ayna arası
E) Cismin solunda

13.



Yukarıdaki merceğin bulunduğu ortamın kırıcılık indisi, merceğin yapıldığı maddenin kırıcılık indisinden büyüktür.

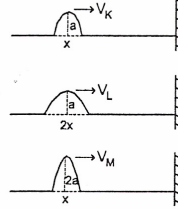
KM nin tam ortasından

merceğe gönderilen ışın asal eksenini hangi noktadan keserek kırılır?

(Noktalar arası uzaklık eşit ve f kadar, merceğin odak uzaklığı f)

- A) SL arası B) N noktası C) NO arası
D) O noktası E) O'dan ötede

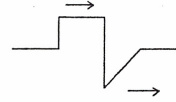
14.



Aynı kuvvetle gerilmiş esnek üç özdeş yayda oluşturulmuş K, L ve M atmalarının hızları V_K , V_L , V_M dir. Atmaların hızları arasındaki ilişki nasıldır?

- A) $V_K = V_M < V_L$ B) $V_K = V_L < V_M$ C) $V_K = V_L = V_M$
D) $V_K < V_L < V_M$ E) $V_M < V_L < V_K$

15.



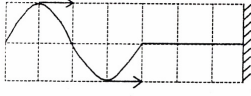
Uygun bir ortamda ok yönünde ilerleyen atma şekilindeki gibidir.

Buna göre, bu atma zıt yönde gelen hangi

atma ile karşılaşırsa bir an için görülmez?

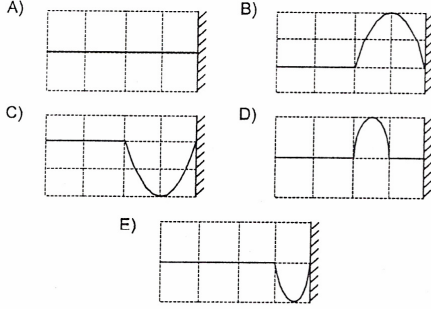
- A) B) C) D) E)

16.

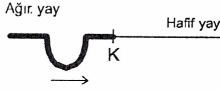


Esnek yay üzerinde şekilde görülen atma oluşturulmuştur. Her saniyede 1 bölme ilerleyen atmanın 5 sn sonra alacağı şekil

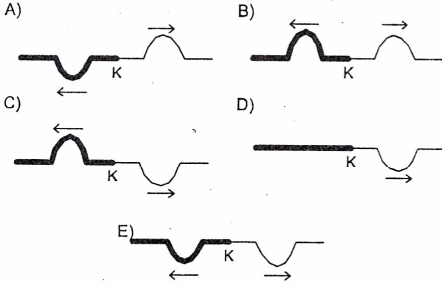
aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



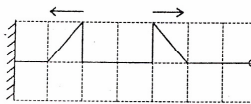
17.



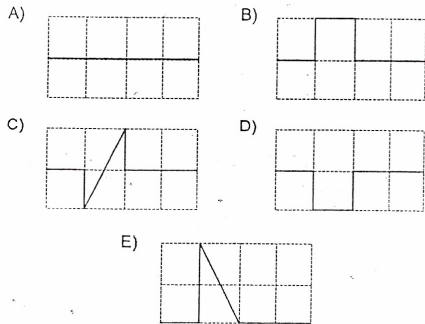
Ağır yaydan hafif yaya baş aşağı gelen atma, K noktasına geldikten bir süre sonra, yansıyan ve iletilen atmalar aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



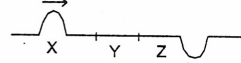
18.



Aynı ortamda hareket eden özdeş iki atmanın genişlikleri ilk kez çakıştığı anda meydana gelen bileşke atmanın şekli aşağıdakilerden hangisidir?

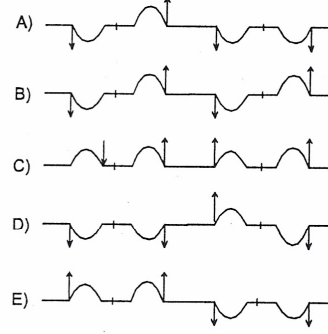


19.

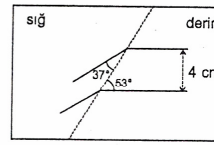


Şekildeki yayların birim uzunluğunun kütleleri arasında $m_Z > m_Y > m_X$ ilişkisi vardır. X ve Z yaylarından şekildeki

gibi gelen atmaların Y yayına iletilen ve yansıyanları aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



20.

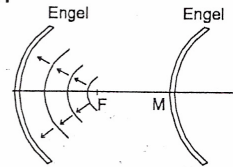


Yukarıdaki dalga leğeninde periyodik dalgaların derin ortamdan sığ ortama geçişi gösterilmiştir. Derin ortamda iki tepe

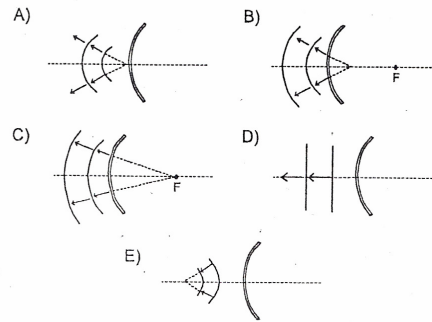
arası uzaklık 4 cm ve dalga hızı 10 cm/s ise, sığ ortamdaki dalga boyu ve dalga hızı nedir?

	λ dalga boyu	v dalga hızı
A)	3	4,5
B)	4	6
C)	4	7,5
D)	3	7,5
E)	2,5	4,5

21.



Şekildeki çukur engelin odak noktasından üretilen dairesel su dalgalarının önce çukur, sonrada tümsek engelden yansıdıktan sonraki görünümü nasıl olur?



22. Şekildeki KOL doğrusal su dalgasının O noktası engele çarptığı an, dalganın şekli aşağıdakilerden hangisi gibi olur?
-
- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

23. Bir dalga leğeninde 4. düğüm çizgisi üzerindeki bir A noktasının K_1 ve K_2 kaynaklarına uzaklıkları 3 ve 5 cm dir.
-
- Aynı düğüm çizgisi üzerindeki B noktasının kaynaklara olan uzaklıkları farkı kaç cm dir?
- A) 2 B) 3 C) 4 D) 5 E) 8

24. Aralarında 9 cm olan iki kaynak dalga leğeninde 1 s aralıkla 4 cm/s hızla sahip dalga oluşturuyorlar. Kaynaklardan biri diğerine göre 4,5 s geç çalışmaya başladığına göre dalga leğeninde kaç düğüm çizgisi meydana gelir?
- A) 7 B) 6 C) 5 D) 4 E) 3

25. L noktası 3. dalga katarı üzerinde bir nokta ise M noktası hangi girişim çizgisi üzerindedir? ($\sin 37^\circ = 0,6$ $\sin 53^\circ = 0,8$)
-
- A) 3. düğüm çizgisi B) 4. düğüm çizgisi
C) 4. dalga katarı D) 3. dalga katarı
E) 2. dalga katarı

26. Bir dalga leğeninde aynı fazlı iki kaynak tarafından üretilen 4 cm dalga boyulu dalgaların girişimi sonucunda P noktası bir dalga katarı üzerinde çift çukur noktasıdır. Buna göre, PK_1 uzaklığı aşağıdakilerden hangisi olamaz?
-
- A) 14 B) 18 C) 20 D) 22 E) 26

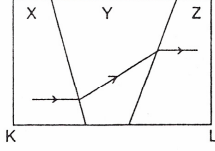
27. Aynı fazda çalışan özdeş K_1 ve K_2 kaynakları, λ dalga boyulu dalgalar üretiyorlar. Buna göre, P noktası hangi girişim çizgisi üzerindedir?
-
- A) 3. dalga katarı B) 2. düğüm çizgisi
C) 2. dalga katarı D) 4. dalga katarı
E) 4. düğüm çizgisi

28. Dalga leğeninde üretilen periyodik dalgalar dar bir yarıktan geçirdiğinde dairesel dalgalar oluşuyor.
-
- Kırınım olayının oluşmaması için,
- I. w 'yi artırma
II. λ 'yi artırma
III. f 'i artırma
- işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?
- A) Yalnız III B) I ve III C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

Ek B-2: Hazır bulunuşluk testinin pilot çalışma sonrasındaki düzenlenmiş hali

HAZIR BULUNUŞLUK TESTİ

1.

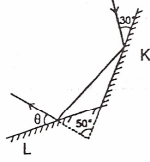


X ortamından KL yüzeyine paralel olarak gönderilen ışın, Z ortamına girdiğinde paralellliğini korumuştur.

Buna göre, ortamların kırıcılık indisleri arasında nasıl bir ilişki vardır?

- A) $n_X > n_Y > n_Z$ B) $n_Z > n_Y > n_X$ C) $n_Y > n_X = n_Z$
D) $n_Y > n_Z > n_X$ E) $n_X = n_Z > n_Y$

2.

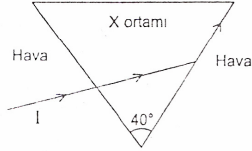


K aynası ile 30° açı yaparak gelen ışın L'yi θ açısı yaparak terk ediyor.

Buna göre, θ açısı kaç derecedir?

- A) 40 B) 50 C) 60 D) 70 E) 80

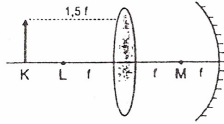
3.



Saydam X ortamına gönderilen I ışını şekildeki yolu izliyor. Buna göre X ortamından havaya çıkacak ışık için sınır açısı kaç derecedir?

- A) 20 B) 30 C) 40 D) 50 E) 60

4.

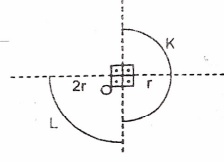


Odak uzaklıkları eşit ve F olan ince kenarlı mercek ve çukur ayna şekildeki gibi düzenlenmiştir. Buna göre,

K noktasındaki cismin ilk görüntüsünün yeri nerededir?

- A) L ile mercek arası B) K - L arası
C) Mercek ile M arası D) M ile ayna arası
E) Cismin solunda

5.

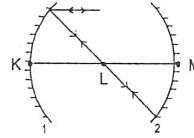


Yarıçapları r ve 2r olan küresel K ve L yüzeyleri merkezleri O noktasında çakışacak şekilde yerleştirilmiştir. O noktasına noktasal bir ışık kaynağı

konduğunda K ve L yüzeylerindeki toplam ışık akıları ϕ_K ve ϕ_L oluyor. Buna göre, $\frac{\phi_K}{\phi_L}$ oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{4}$ B) $\frac{1}{2}$ C) 1 D) 2 E) 4

6.

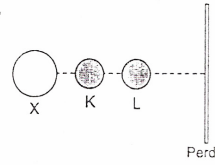


Birinci aynaya paralel gönderilen ışın, ikinci aynadan yansdıktan sonra kendi üzerinden geri dönüyor.

Noktalar arası uzaklıklar eşit olduğuna göre, $\frac{f_1}{f_2} = ?$

- A) $\frac{1}{4}$ B) $\frac{1}{2}$ C) 1 D) $\frac{3}{2}$ E) 2

7.

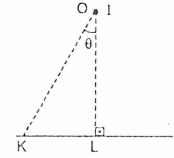


Küresel X ışıklı cismi ile, K ve L saydam olmayan toplar perde önüne şekildeki gibi konmuştur. Perde üzerinde tam ve yarı gölge oluştuğuna göre,

X, K ve L nin boyutlarından hangilerinin küçülmesi ile, tam gölgenin alanı küçülür?

- A) Yalnız K B) Yalnız L C) X ve K
D) X ve L E) K ve L

8.

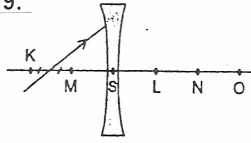


Noktasal ışık kaynağı O noktasına konduğunda, P yüzeyi üzerindeki K ve L noktalarında oluşan aydınlanma şiddetleri E_K ve E_L oluyor.

Buna göre, $\frac{E_K}{E_L}$ oranı kaçtır?

- A) $\cos^3 \theta$ B) $\cos^2 \theta$ C) $\cos \theta$ D) $\frac{1}{\cos \theta}$ E) $\frac{1}{\cos^3 \theta}$

9.

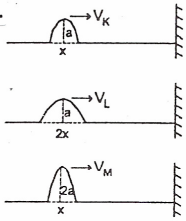


Yukarıdaki merceğin bulunduğu ortamın kırıcılık indisi, merceğin yapıldığı maddenin kırıcılık indisinden büyüktür.

KM nin tam ortasından merceğe gönderilen ışın asal eksenini hangi noktadan keserek kırılır?

- (Noktalar arası uzaklık eşit ve f kadar, merceğin odak uzaklığı f)
 A) SL arası B) N noktası C) NO arası
 D) O noktası E) O'dan ötede

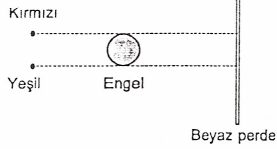
10.



Aynı kuvvetle gerilmiş esnek üç özdeş yayda oluşturulmuş K, L ve M atmalarının hızları V_K , V_L , V_M dir. Atmaların hızları arasındaki ilişki nasıldır?

- A) $V_K = V_M < V_L$ B) $V_K = V_L < V_M$ C) $V_K = V_L = V_M$
 D) $V_K < V_L < V_M$ E) $V_M < V_L < V_K$

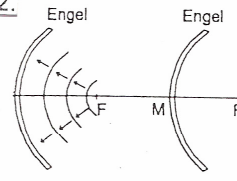
11.



Yukarıdaki sistemde perde üzerindeki gölgenin görüntüsü aşağıdakilerden hangisidir?

- A) B) C)
 D) E)

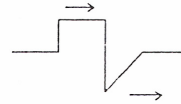
12.



Şekildeki çukur engelin odak noktasından üretilen dairesel su dalgalarının önce çukur, sonrada tümsek engelden yansdıktan sonraki görünümü nasıl olur?

- A) B)
 C) D)
 E)

13.



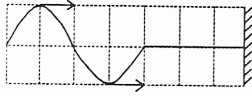
Uygun bir ortamda ok yönünde ilerleyen atma şekliindeki gibidir.

Buna göre, bu atma zıt yönde gelen hangi

atma ile karşılaşırsa bir an için görülmez?

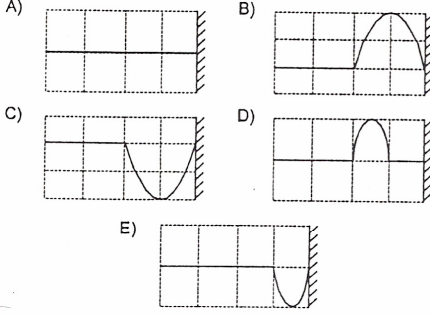
- A) B)
 C) D)
 E)

14.

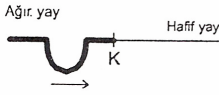


Esnek yay üzerinde şekilde görülen atma oluşturulmuştur. Her saniyede 1 bölme ilerleyen atmanın 5 sn sonra alacağı şekil

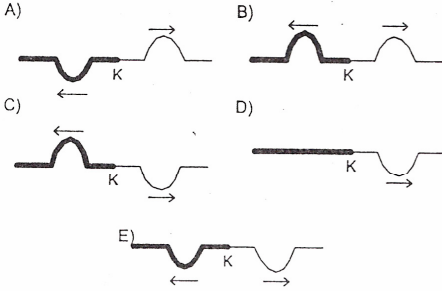
aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



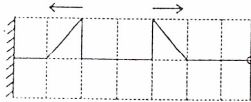
15.



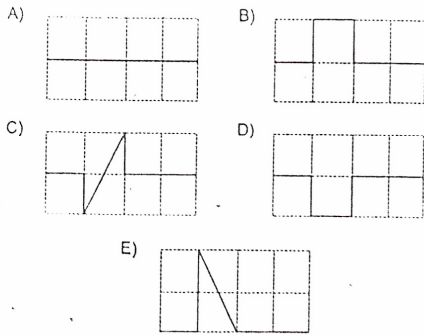
Ağır yaydan hafif yaya baş aşağı gelen atma, K noktasına geldikten bir süre sonra, yansıyan ve iletilen atmalar aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



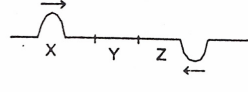
16.



Aynı ortamda hareket eden özdeş iki atmanın genişlikleri ilk kez çakıştığında meydana gelen bileşke atmanın şekli aşağıdakilerden hangisidir?

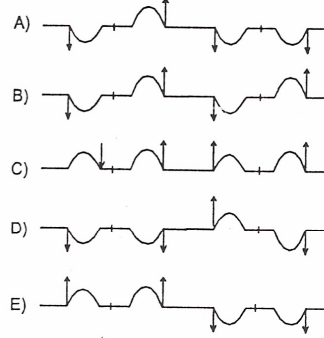


17.

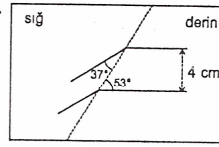


Şekildeki yayların birim uzunluğunun kütleleri arasında $m_Z > m_Y > m_X$ ilişkisi vardır. X ve Z yaylarından şekildeki

gibi gelen atmaların Y yayına iletilen ve yansıyanları aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



18.

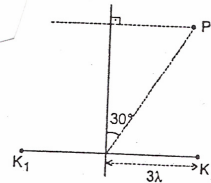


Yukarıdaki dalga leğeninde periyodik dalgaların derin ortamdan siğ ortama geçişi gösterilmiştir. Derin ortamda iki tepe arası uzaklık 4 cm ve

dalga hızı 10 cm/s ise, siğ ortamdaki dalga boyu ve dalga hızı nedir?

	λ dalga boyu	v dalga hızı
A)	3	4,5
B)	4	6
C)	4	7,5
D)	3	7,5
E)	2,5	4,5

19.

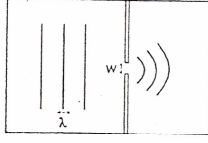


Aynı fazda çalışan özdeş K_1 ve K_2 kaynakları, λ dalga boyu dalgalar üretiyorlar.

Buna göre, P noktası hangi girişim çizgisi üzerindedir?

- A) 3. dalga katarı
B) 2. düğüm çizgisi
C) 2. dalga katarı
D) 4. dalga katarı
E) 4. düğüm çizgisi

20.



Dalga leğeninde üretilen periyodik dalgalar dar bir yarıktan geçirildiğinde dairesel dalgalar oluşuyor.

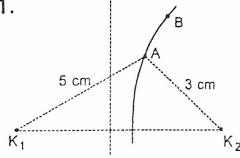
Kırınım olayının oluşmaması için,

- I. w 'yi artırma
- II. λ 'yi artırma
- III. f 'i artırma

işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?

- A) Yalnız III
- B) I ve III
- C) I ve II
- D) II ve III
- E) I, II ve III

21.



Bir dalga leğeninde 4. düğüm çizgisi üzerindeki bir A noktasının K_1 ve K_2 kaynaklarına uzaklıkları 3 ve 5 cm dir.

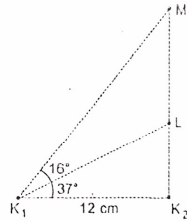
Aynı düğüm çizgisi üzerindeki B noktasının kaynaklara olan uzaklıkları farkı kaç cm dir?

- A) 2
- B) 3
- C) 4
- D) 5
- E) 8

22. Aralarında 9 cm olan iki kaynak dalga leğeninde 1 s aralıkla 4 cm/s hızla sahip dalga oluşturuyorlar. Kaynaklardan biri diğerine göre 4,5 s geç çalışmaya başladığına göre dalga leğeninde kaç düğüm çizgisi meydana gelir?

- A) 7
- B) 6
- C) 5
- D) 4
- E) 3

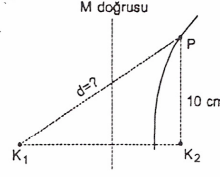
25.



L noktası 3. dalga katarı üzerinde bir nokta ise M noktası hangi girişim çizgisi üzerindedir? ($\sin 37 = 0,6$ $\sin 53 = 0,8$)

- A) 3. düğüm çizgisi
- B) 4. düğüm çizgisi
- C) 4. dalga katarı
- D) 3. dalga katarı
- E) 2. dalga katarı

24.



Bir dalga leğeninde aynı fazlı iki kaynak tarafından üretilen 4 cm dalga boyu dalgaların girişimi sonucunda P noktası bir dalga katarı üzerinde çift çukur noktasıdır.

Buna göre, PK_1 uzaklığı aşağıdakilerden hangisi olamaz?

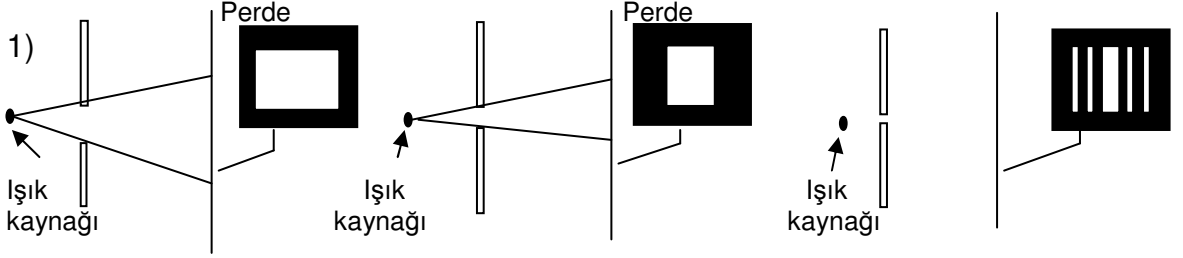
- A) 14
- B) 18
- C) 20
- D) 22
- E) 26

Ek C-1: Kavramsal anlama testinin pilot çalışma öncesindeki hali

KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ

Bu ölçme aracı bildiğiniz testlerden farklı olarak sizin ışığın dalga modeli konusu ile ilgili olarak düşüncelerinizi öğrenmek amacıyla hazırlanmıştır. Düşüncelerinizin doğru ya da yanlış olması önemli değildir. Aşağıda 8 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.

SORULAR

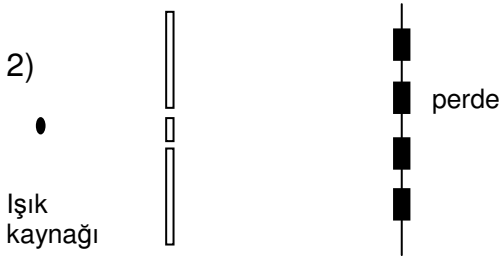


Şekil 1

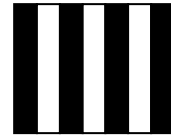
Şekil 2

Şekil 3

Yukarıdaki şekillerde, ışık kaynağının önündeki aralık küçültülmektedir. Bu durumda perde üzerindeki aydınlık leke küçülmemekte (Şekil 1 ve 2) ve aralığın belli genişliğinden sonra (0.4 mm) perde üzerinde aydınlık – karanlık çizgiler oluşmaktadır. Son durumda perdenin görünümü Şekil 3'teki gibidir. Siyah kısımlar karanlıkları, beyaz kısımlar aydınlıkları göstermektedir. Bu olayı nasıl açıklarsınız?



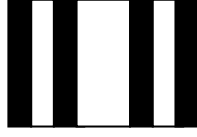
Şekil 4



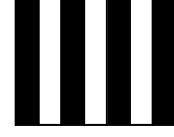
Şekil 5

Bir ışık kaynağının önüne, Şekil 4'teki gibi iki dar aralık (0.4 mm) konulduğunda perde üzerinde Şekil 5'te görüldüğü gibi aydınlık ve karanlık çizgiler oluşmaktadır. Bu olayı nasıl açıklarsınız?

3)



Şekil 6



Şekil 7

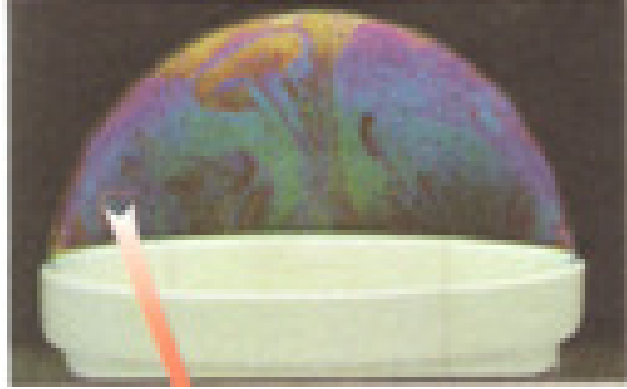
1 ve 2. sorularda sırasıyla, ışık kaynağı önüne tek aralık konulduğunda Şekil 6'daki gibi bir desen, iki dar aralık kullanıldığında ise Şekil 7'deki desenin oluştuğu gözlenmektedir. Sizce Şekil 6'da ortada oluşan aydınlık çizgi neden diğer çizgilere göre daha kalındır?

4)



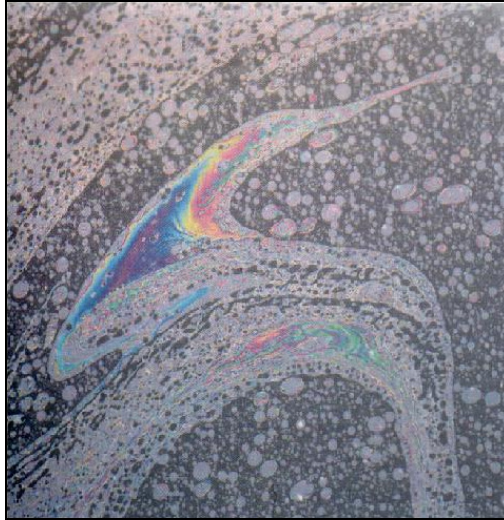
Yandaki şekilde bir çocuk vitrindeki oyuncakları seyretmektedir. Çocuk vitrin camına baktığında kendi görüntüsünü görünce çok şaşırmıştır. Camda oluşan görüntünün nedenini nasıl açıklarsınız?

5)



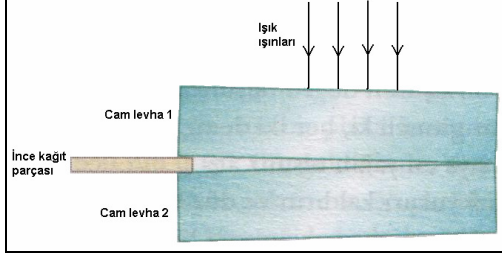
Şekilde görüldüğü gibi, sabun köpüğü üzerine ışık düşürüldüğünde renklenmeler oluştuğu gözlenir. Bu olayı nasıl açıklarsınız.

6)



Yol üzerine motor yağı, mazot gibi maddelerin döküldüğüne şahit olmuşsunuzdur. Bu bölgeye bakıldığında rengarenk görülür. Bu olayı nasıl açıklarsınız?

7)



Şekil 8



Şekil 9

İki cam levhanın bir ucu şekildeki gibi sabitleniyor. Diğer uçların arasına ince bir kağıt parçası konuluyor. Sisteme (Şekil 8) ışık düşürüldüğünde 1 nolu cam levhasının üzerinde Şekil 9' daki gibi aydınlık karanlık çizgiler görülüyor.

Bu olayı nasıl açıklarsınız?

8)

Düz bir yolda hareket eden otomobile uzaktan bakıldığında farlar tek gözükürken, araç yaklaştıkça gözlemci farların çift olduğunun farkına varır. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

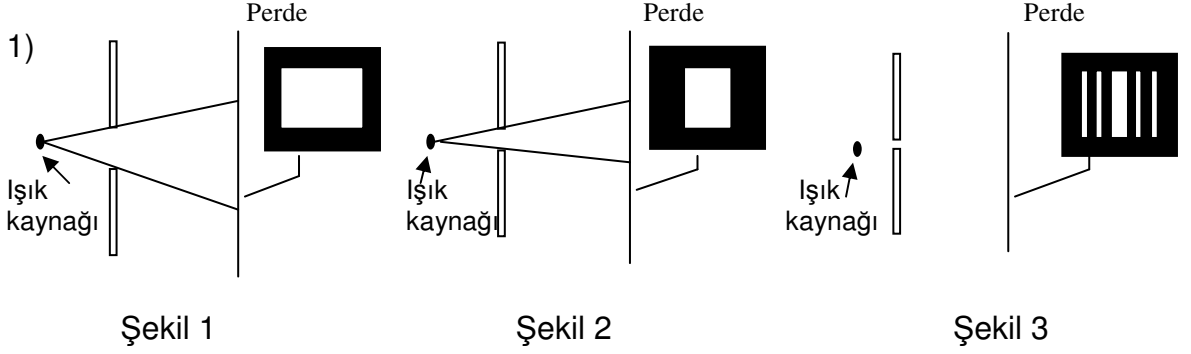
YARDIMLARINIZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİM
Mehmet KURAL
Fizik Öğretmeni

Ek C-2: Kavramsal anlama testinin pilot çalışma sonrasındaki hali

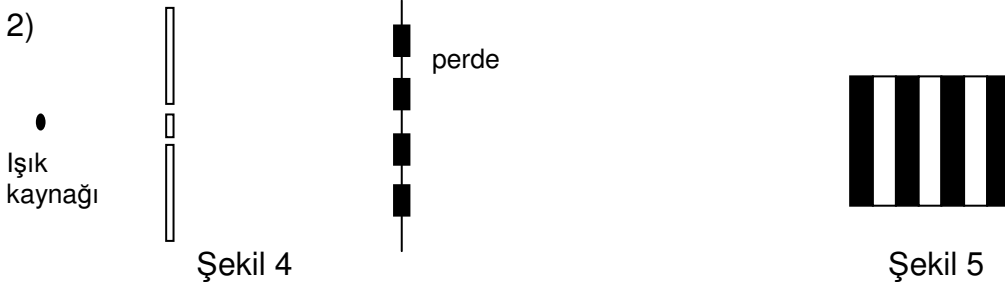
KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ

Bu ölçme aracı bildiğiniz testlerden farklı olarak sizin ışığın dalga modeli konusu ile ilgili olarak düşüncelerinizi öğrenmek amacıyla hazırlanmıştır. Düşüncelerinizin doğru ya da yanlış olması önemli değildir. Aşağıda 8 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.

SORULAR

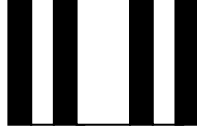


Yukarıdaki şekillerde, ışık kaynağının önündeki aralık küçültülmektedir. Bu durumda perde üzerindeki aydınlık leke küçülmekte (Şekil 1 ve 2) ve aralığın belli genişliğinden sonra (0.4 mm) perde üzerinde aydınlık – karanlık çizgiler oluşmaktadır. Son durumda perdenin görünümü Şekil 3'teki gibidir. Siyah kısımlar karanlıkları, beyaz kısımlar aydınlıkları göstermektedir. Bu olayı nasıl açıklarsınız?

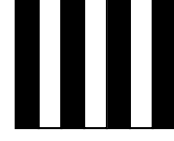


Bir ışık kaynağının önüne, Şekil 4'teki gibi iki dar aralık (0.4 mm) konulduğunda perde üzerinde Şekil 5'te görüldüğü gibi aydınlık ve karanlık çizgiler oluşmaktadır. Bu olayı nasıl açıklarsınız?

3)



Şekil 6



Şekil 7

1 ve 2. sorularda sırasıyla, ışık kaynağı önüne tek aralık konulduğunda Şekil 6'daki gibi bir desen, iki dar aralık kullanıldığında ise Şekil 7'deki desenin oluştuğu gözlenmektedir. Sizce Şekil 6'da ortada oluşan aydınlık çizgi neden diğer çizgilere göre daha kalındır?

4)



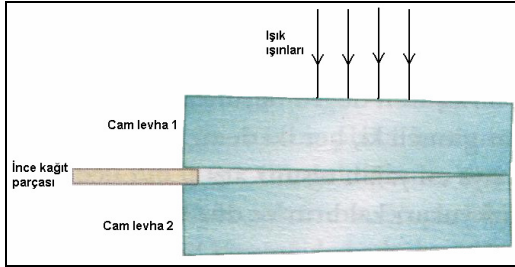
Yandaki şekilde bir çocuk vitrindeki oyuncakları seyretmektedir. Çocuk vitrin camına baktığında kendi görüntüsünü görünce çok şaşırılmıştır. Camda oluşan görüntünün nedenini nasıl açıklarsınız?

5)

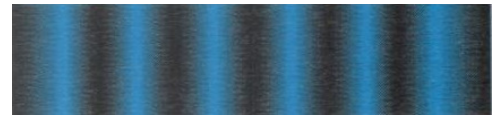


Şekilde görüldüğü gibi, sabun köpüğü üzerine ışık düşürüldüğünde renklenmeler oluştuğu gözlenir. Bu olayı nasıl açıklarsınız.

6)



Şekil 8

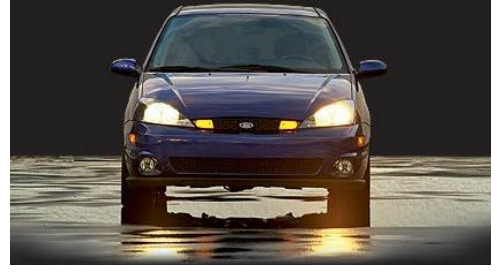


Şekil 9

İki cam levhanın bir ucu şekildeki gibi sabitleniyor. Diğer uçların arasına ince bir kâğıt parçası konuluyor. Sisteme (Şekil 8) ışık düşürüldüğünde 1 nolu cam levhasının üzerinde Şekil 9' daki gibi aydınlık karanlık çizgiler görülüyor.

Bu olayı nasıl açıklarsınız?

7)



Düz bir yolda hareket eden otomobile uzaktan bakıldığında farlar tek gözükürken, araç yaklaştıkça gözlemci farların çift olduğunun farkına varır. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

YARDIMLARINIZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİM
Mehmet KURAL
Fizik Öğretmeni

Ek D-1: Ön görüşme formu

ÖN GÖRÜŞME FORMU

1. Soru

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Aydınlık – karanlık saçakların oluşum nedeni nedir?
- Aydınlık – karanlık saçaklar perde üzerinde neden şekildeki gibi sıralanmıştır?

Eğer öğrenci yanıtlarına yol farkı, girişim gibi ifadeler kullandıysa;

- Girişim nedir?
- Tepe ve çukur derken neyi kast ediyorsunuz?
- Işığı dalgaya mı benzetiyoruz? Nasıl oluyor bu?
- Yol farkı nedir?
- Neden yol farkı alıyoruz?

2. Soru

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Aydınlık – karanlık saçakların oluşum nedeni nedir?
- Aydınlık – karanlık saçaklar perde üzerinde neden şekildeki gibi sıralanmıştır?

3. Soru

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- İki desendeki merkezi aydınlık saçakların farklı olmasının nedeni ne olabilir?

4. Soru

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Optik bilgileri hatırlatılır. Az yoğun ortamdan, çok yoğun ortama gelen ışık nasıl yansıma yapabilir?

5. Soru

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Sabun köpüğü üzerindeki renklenmenin nedeni nedir?

6. Soru

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?

Öğrencinin verdiği yanıtlara göre;

- Hava kaması nedir?
- Aydınlık – karanlık saçakların oluşmasının nedeni nedir?
- Aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde dizilmelerindeki neden nedir?
- Neden cam levhanın bir ucuna kağıt parçası konulmuştur?

7. Soru

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?

Öğrenci çözme gücü, çözülme gibi ifadeler kullanmışsa,

- Çözme gücü nedir?
- Çözülme nedir?

8. Eklemek istediğiniz bir şey var mı?

Ek D-2: Son görüşme formu

SON GÖRÜŞME FORMU

I. BÖLÜM: Akademik değerlendirme

Soru 1

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Ön ve son testteki yanıtlarınız arasında farklılık var mı?
- Perde üzerinde aydınlık – karanlık saçakların oluşma nedeni nedir?
- Perde üzerinde aydınlık – karanlık saçakların şekildeki gibi dizilmesinin nedeni nedir?
- Girişim nedir?
- Perde üzerinde neye göre aydınlık, neye göre karanlık saçak oluşur?
- Yol farkı nedir?
- Yol farkı neden alınır?

Soru 2

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Ön ve son testteki yanıtlarınız arasında farklılık var mı?
- Çift yarıktaki girişim deseni nasıl oluşur?
- Girişim nedir?
- Yol farkı nedir?
- Yol farkı alınmasının sebebi nedir?
- Çift yarıktaki, yarıklar düzleminin döndürülmesi girişim desenini nasıl etkiler?
- Çift yarıktaki, yarıklar düzlemi ile perde arasına saydam ortam konulması, girişim desenini nasıl etkiler?
- Yarıklardan birinin önüne cam levha konulması işlemi, girişim desenini nasıl etkiler?
- Kaynağın hareket ettirilmesi girişim desenini nasıl etkiler?
- Çift yarıktaki girişim deseni ile tek yarıktaki girişim deseni arasında ne gibi farklılıklar vardır?
 - Parlaklık bakımından fark var mıdır?
 - Parlaklıkların arasındaki bu farklılığın nedeni nedir?

Soru 3

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Ön ve son testteki yanıtlarınız arasında farklılık var mı?
- Saçak aralığı nedir?
- (Öğrenci saçak aralığı bağıntısını belirtirse) Bu bağıntıya nasıl ulaşıldı?

Soru 4

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Ön ve son testteki yanıtlarınız arasında farklılık var mı?

Soru 5

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Ön ve son testteki yanıtlarınız arasında farklılık var mı?
- İnce zarda girişim nedir?
- Sabun köpüğü neden renklenmiştir?
- Renkli sabun köpüğüne kırmızı filtre ile bakılırsa ne görülür?
- Sabun köpüğünde belli yerlerde yeşil belli yerlerde kırmızı renk görülmektedir. Bu neye göre gerçekleşmektedir?

Soru 6

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Ön ve son testteki yanıtlarınız arasında farklılık var mı?
- Hava kaması nedir?
- Hava kamasında girişim nasıl oluşur?
- Aydınlık – karanlık saçakların cam levha üzerinde dizilmelerinin nedeni nedir?
- Cam levhaların arasına neden kağıt parçası konulmuştur?
- Sıfırdan başlayarak artan bir hava boşluğu oluşturulmasındaki sebep nedir?
- Hava kaması beyaz ışıkla aydınlatılırsa ne olur?

Soru 7

- Verdiğiniz yanıtı biraz daha açabilir misiniz?
- Ön ve son testteki yanıtlarınız arasında farklılık var mı?
- Çözme gücü nedir?
- Çözülme nedir?

II. BÖLÜM: Öğrencilerin Derse Bakış Açıları

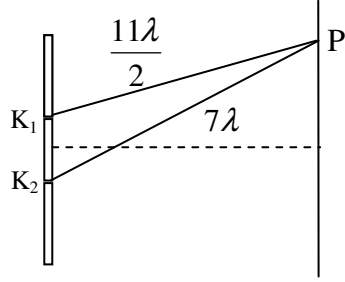
- Bu ya da buna benzer olaylarla günlük hayatta karşılaştınız mı?
- Bu ders sizin için zevkli miydi?
- Bu dersin güçlü yönleri nelerdir?
- Bu dersin zayıf yönleri nelerdir?
- Ne yapılırdı daha iyi olurdu?
- Öğretmenin uyguladığı ve sizin öğrenmenizi kolaylaştıran şeyler nelerdir?
- Ekleme istediğiniz bir şey var mı?

Ek E: Çift yarıktaki girişim çalışma yaprağı

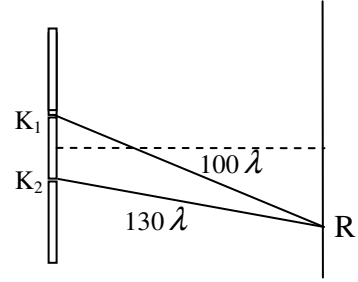
ÇALIŞMA SORULARI

Yol Farkı

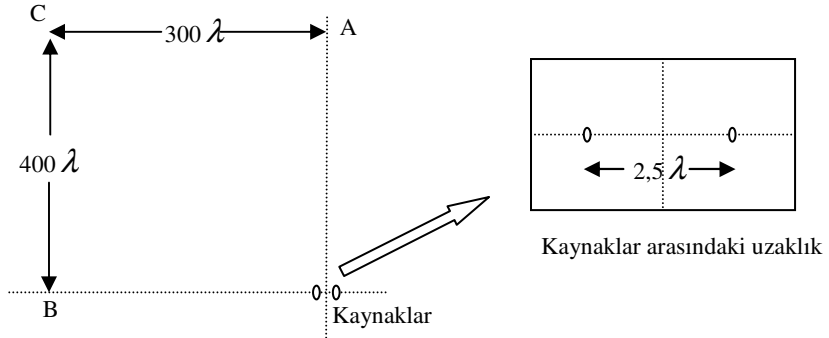
1. Şekil a, b ve c deki yol farklarını bulunuz.



a

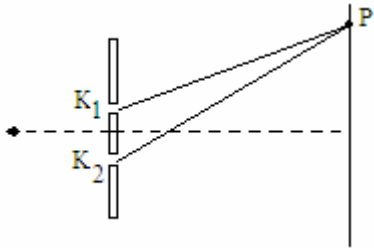


b



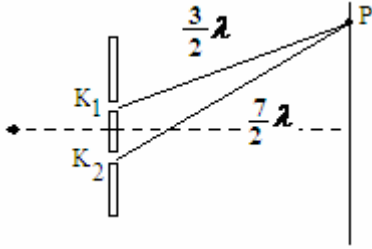
c

2.



Çift Yarıktaki yapılan girişim deneyinde 3.karanlık saçığın oluştuğu P noktasının kaynaklara olan uzaklıkları farkını dalga boyu cinsinden bulunuz.

3.



Çift yarıқта girişim deneyinde perde üzerindeki bir P noktasının K_1 kaynağına uzaklığı $PK_1 = \frac{3}{2}\lambda$ ve K_2 kaynağına uzaklığı $PK_2 = \frac{7}{2}\lambda$ olduğuna göre P noktası üzerinde hangi girişim çizgisi oluşur?

4. Çift yarıkla yapılan girişim deneyinde $\lambda_1 = 4000\text{Å}$ dalga boyu ışık kullanıldığında 3. aydınlık saçığın olduğu yerde; $\lambda_2 = 6000\text{Å}$ dalga boyu ışık kullanılırsa hangi girişim çizgisi oluşur?

5. Çift yarıқта girişimde perde üzerindeki bir noktanın yarıklara olan yol farkı ΔS aşağıdakilerden hangilerine eşit olursa, kaynaklardan ulaşan dalgaların birinin tepesi ile diğerinin çukuru üst üste gelir?

- | | |
|----------------|---------------------------|
| I. 2λ | III. $\frac{3\lambda}{2}$ |
| II. 3λ | IV. $\frac{7\lambda}{2}$ |

Matematiksel Yol Farkı

1) Birbirine uzaklığı 0,1 mm olan iki yarıkla yapılan deneyde, yarıkların perdeye uzaklığı 1 m dir. Deneyde kullanılan ışığın dalga boyu 6000 Å olduğuna göre;

a) 10. aydınlık saçığın merkez doğrusuna uzaklığını bulunuz.

b) 3. karanlık saçığın merkez doğrusuna uzaklığını bulunuz.

c) Merkezi aydınlık saçığı her iki yanındaki 4 aydınlık çizgiler arasındaki uzaklığı bulunuz.

Saçak Aralığı

1. Yukarıdaki soru için saçak aralığını bulunuz.

2.

a) Yarıkların perdeye uzaklığı artarsa saçak aralığı nasıl değişir?

b) Yarıkların arasındaki uzaklık artarsa saçak aralığı nasıl değişir?

c) Dalga boyu artarsa saçak aralığı nasıl değişir?

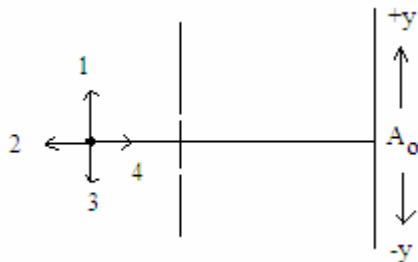
3. Kullanılan ışığın dalga boyunun λ , yarıklar arası uzaklığın d olduğu bir çift yarık deneyinde saçak aralığı Δx olarak ölçülmüştür. Perde ile yarıklar düzlemi arasına kırıcılık indisi $4/3$ olan sıvı doldurulursa saçak aralığı kaç Δx ölçülür?

4) Yarıklar düzlemi bir α açısı kadar döndürülürse, saçak aralığı nasıl değişir? Birim uzunluktaki saçak sayısı nasıl değişir?

Faz Farkı

1) Çift yarıktan yarıklardan birinin önüne cam levha konulursa perdedeki girişim deseni için ne söylenebilir?

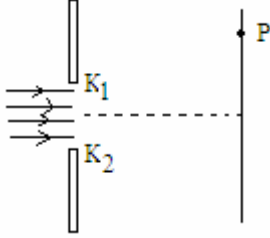
2) Kaynak 1, 2, 3, 4 yönlerine doğru hareket ettiğinde, A_0 için ne söylersiniz?



Ek F: Tek yarıktaki girişim ile ilgili çalışma yaprağı

ÇALIŞMA SORULARI

1)

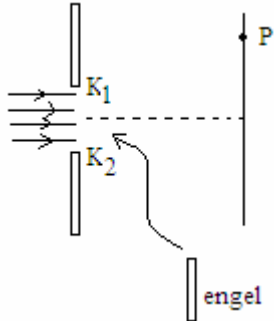


Tek yarıktaki yapılan girişim deneyinde 5 karanlık girişim saçığı perdenin P noktasına düşmektedir. $PK_1 - PK_2$ uzaklıkları farkı dalga boyunun kaç katıdır?

2) Tek yarıktaki yapılan bir girişim deneyinde yarık genişliği 0,5 mm, ekran ile yarık arasındaki 2m dir. Perde üzerinde oluşan 7. aydınlık saçığın merkezi aydınlık saçığa uzaklığı 15mm olduğuna göre kullanılan ışığın dalga boyunun bulunuz.

3) Tek yarıktaki yapılan girişim deneyinde dalga boyu 6000 \AA olan ışık kullanılıyor. Yarık genişliği 0,1mm ve yarıkların perdeye uzaklığı 2m olduğuna göre, perdede oluşan merkezi aydınlık saçık genişliği kaç mm dir?

4)



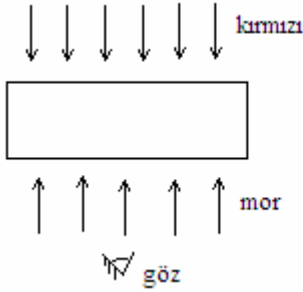
Şekildeki tek yarık deneyinde P noktası üzerinde 5. aydınlık saçık oluşmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi bir engel yarığın ortasına yerleştirilerek çift yarık elde edilirse, aynı P noktası üzerine hangi girişim çizgisi denk gelir?

Ek G: İnce zarda girişim ile ilgili çalışma yaprağı

ÇALIŞMA SORULARI

1. Kırılma indisi 1,2 olan ve hava ortamındaki kalınlığı değişmeyen zar yüzeyine yine normale yakın doğrultuda gönderilen ışığın dalga boyu 4800 \AA dur.
- a) Işığın geldiği taraftan bakan gözlemcinin zarı aydınlık görmesi için en az zar kalınlığı kaç Å olmalıdır?
- b) Işığın geldiği taraftan bakan gözlemcinin zarı karanlık görmesi için en az zar kalınlığı ne olmalıdır?
- c) Işığın geçtiği taraftan bakan gözlemcinin zarı aydınlık ve karanlık görmesi için zar kalınlıkları en az kaç olmalıdır?

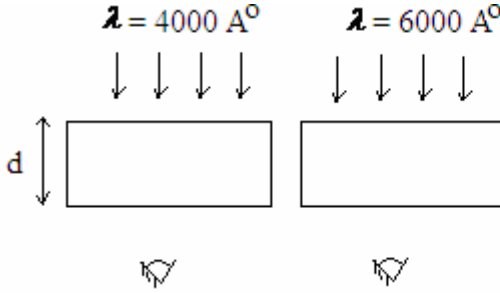
2.



Kırmızı ve mor ışıkla aydınlatılan ince saydam filme alttan bakıldığında zar yüzeyi kırmızı mor karışımı görülüyor. buna göre zar kalınlığı en az kaç Å dur.

$$(\lambda_K = 6000 \text{ \AA}, \lambda_M = 4000 \text{ \AA}, n_{\text{zar}}=1,2)$$

3.



Her iki zarda ışığın geçtiği taraftan bakan gözler ilk kez aydınlık gördüğüne göre zarların kırılma indisleri oranı aşağıdakilerden hangisidir?

4.



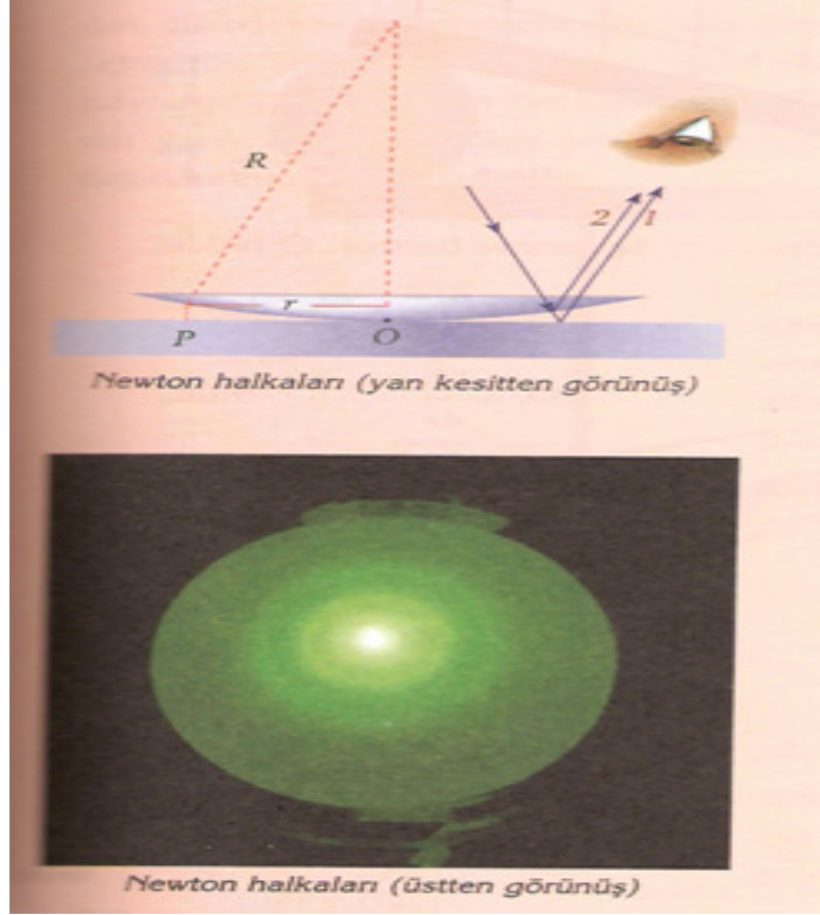
Üstten bakıldığında 3 aydınlık saçakın görüldüğü zar kalınlığında; alttan bakılırsa hangi girişim çizgisi gözlenir?

Ek H: Hava kamasında girişim ile ilgili çalışma yaprağı

ÇALIŞMA SORULARI

1. Hava kamasında λ dalga boylu ışık kullanılıyor.
 - a) 4. aydınlık ve 6.karanlık saçacağın bulunduğu yerde hava kamasının kalınlığını bulunuz.
 - b) Hava kaması kalınlığı $\frac{3\lambda}{4}$ olduğu yerde hangi girişim saçacağının oluşacağını bulunuz.
2. L uzunluğundaki iki cam levha arasına bir saç teli (yarıçapı r) yerleştirilerek bir hava kaması elde ediliyor. Hava kaması üzerine λ dalga boylu ışık düşürüldüğünde Δx saçak aralığını veren bağıntıyı bulunuz.
3. Bir hava kamasında kullanılan ışığın dalga boyu 0,6 mikrondur. Birleşme noktasından itibaren 4.karanlık saçacağın bulunduğu noktada hava kamasının kalınlığı kaç mikrondur?
4. Bir hava kaması dalga boyu 4600 Å olan ışık ile aydınlatılmaktadır. Camın üzerinde 30 tane karanlık çizgi sayılmıştır. Buna göre havam kaması içindeki nesnenin kalınlığı nedir? (son karanlık saçak nesne üzerine denk gelmiştir)

Ek I: Öğrencilere Newton Halkaları ile ilgili verilen ödev

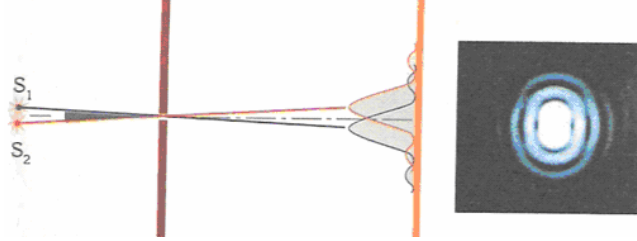


Bir karbon kağıdının üzerine bir saat camı konulup üzerine yeşil ışık düşürüldüğünde yukarıda görülen Newton Halkaları oluşmaktadır. Bu olayı nasıl açıklarsınız?

Ek İ: Çözme Gücü ile ilgili çalışma yaprağı

ÇALIŞMA SORULARI

1.



Yukarıda iki kaynağın desenleri birbirine karışmıştır. Bu kaynaklara kaynaklar denir. Kaynakların bir birinden ayrılabilmesi için dalga boyu....., delik genişliği....., kaynakların yarığa uzaklığımalıdır.

2. Otoyolda size doğru 30 m/s hızla gelmekte olan taksinin farlarını önce tek ışık kaynağı olarak görüyorsunuz. Farların ayrı olduğunu gördükten 8 dakika sonra taksi yanınızdan geçtiğine göre, iki far arasındaki uzaklık ne kadardır? (Taksinin farlarından çıkan ışık için dalga boyunu 4500 \AA ve göz bebeğinin çapını 4 mm alanız)

3. Dünyadan 600 km uzaktaki yörüngede dolaşan Hubble uzay teleskobunun mercek yarıçapı 2,4 metredir. Teleskobun dünya yüzeyini izlediği düşünülürse, birbirine en az kaç cm yakınlıktaki iki cisim ayırt edebilir? (Görünen ışık için dalga boyu 5500 \AA)

Ek J: Öğrencilerin grup çalışmaları sırasında aldıkları notlar

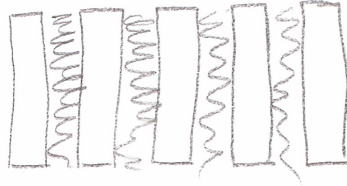
Grup 1

Tek yarıık

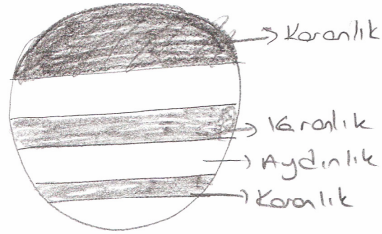


* Tek yarııkta merkezi aydınlık saçak kalıdır.

çift yarıık



çift yarııkta tüm saçaklar eşit kalınlıa sahiptir.



Halka içerisindeki köpükte aydınlık karanlık saçaklar gözlemledik.

GRUP 1

Yatay durumda sık aralıklı düzey kırmızı siyah çizgiler gördük.

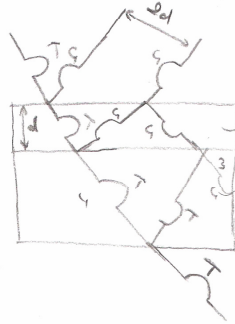
Isığın tepe ⊕ tepe olduğu noktalarda güçlenerek biz o noktaları aydınlık görürüz. $\lambda/2$ lik (çukur ⊕ çukur) ^{kol farkı} (ya da tam sayı katı) ^{aydınlık}

tez farkı varsa bir kaynağın tepesi bir kaynağın çukuru gelenele su dalgalarında olduğu gibi birbirini söndürerek o noktaları karartık yaptık.

Tek Yarıklı Girişim

Merlezi aydınlık saçığı, çift yarığa göre daha geniş gördük. Merlezi aydınlık saçığın uzatılmasına paralellikini gördük. Karartık saçıkları daha geniş gördük.

Sabun köpüğüne beyaz ışık altında baktığımızda bütün renkleri görebilirken, kırmızı ve mavi filtre altında baktığımızda görülen renklerin filtrenin renkleri ile tutulmuş ve orada durmuş siyah yay dalgalarına benzer bir şekilde serit halinde görülen siyah çizgiler gördük. Ve sabun köpüğü patlamak üzereyken, siyah çizgilerin hareketliğinde birbirine yaklaştığını gördük.



$$\Delta S = 2d = n\lambda \text{ aydınlık}$$

$$\Delta S = 2d = (2n) \frac{\lambda}{2}$$

$$3-4 \quad 2d + \frac{\lambda}{2} = n\lambda \text{ aydınlık}$$

$$2d + \frac{\lambda}{2} = (2n) \frac{\lambda}{2} \text{ karartık}$$

Hava Kırması

Kırmızı kağıdı üzerine yapıştırılmış iki camı koyup üzerine beyaz ışık düşürdüğümüzde ortası siyah ve kenarların renkli olduğunu gördük. Kırmızı filtre ile baktığımızda kırmızı siyah çizgiler gördük. Mavi filtre ile baktığımızda mavi siyah çizgiler gördük.



Ek K: Kamera kayıtlarından elde edilen görüntüler



Ek K-1: Grup çalışmalarını yapılması



Ek K-2: Öğretmenin öğrencilerin fikirlerini dinlemesi



Ek K-3: Öğrenciler çift yarık düzeneği ile beyaz ışık kaynağına bakmaktadır.



Ek K-4: Öğrenciler ince zarda girişim deneyini gerçekleştirmektedir.



Ek K-5: Öğrenciler tek yarıktaki girişim desenini gözlemlemektedir.



Ek K-6: Öğrenciler hava kamasında girişim desenini gözlemlemektedir.

Ek L

SEMBOL LİSTESİ

Simge Adı Birimi

1. ΔS , Yol farkı, m
2. Δx , Saçak aralığı, m
3. λ , Işığın dalga boyu, m
4. n, tam sayı (0, 1, 2, 3,...)
5. θ , perde üzerindeki bir noktanın kaynakların orta noktasına birleştirilmesi ile oluşan doğrunun, merkez doğrusu ile yaptığı açı, derece
6. d, çift yarıktaki girişimde yarıklar arasındaki uzaklık, ince zar ve hama kamasında girişimde zar ya da hava kaması kalınlığı
7. ω , tek yarıktaki girişim konusundaki yarığın genişliği

8. KAYNAKÇA

- [1] Ertürk, S., “Eğitimde Program Geliştirme”, Mateksan Matbaacılık, Ankara, (1993).
- [2] Kaptan, F., “Fen Bilgisi Öğretimi”, MEB Yayınları Öğretmen Kitapları Dizisi, İstanbul, (1998).
- [3] Ayas, A., Çepni, S., Johnson, D., Turgut, M.F., “Kimya Öğretimi”, YÖK/DB Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi Yayınları, Ankara, (1997).
- [4] Özmen, H., “Fen öğretiminde öğrenme teorileri ve teknoloji destekli yapılandırmacı (Constuctivist) öğrenme”, *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 3 (1), (2004), 1303-6521.
- [5] Collette, A.T. and Chiappetta, E.L., “Science intruction in the middle and secondary schools”, *Merrill Publishing Company*, Ohio, (1989).
- [6] Lawson, A.E., “Science teaching and the development of thinking”, *Wadsworth Publishing Company*, Belmont, (1995).
- [7] Karplus, R., Lawson, A.E., Wollman, W., Apel, M., Bernoff, R. Howe, A., Rusch, J.J., Sullivan, F., “Science teaching and the development of reasoning: A workshop”, *Berkeley, CA: Regents of the University of California*, (1976)
- [8] Osborne, R. and Wittrock, M. C., “Learning science: A generative process”, *Science Education*, 67 (4), (1983), 489-508.
- [9] Köseoğlu, F. ve Kavak, N., “Fen öğretiminde yapılandırmacı yaklaşım”, *Gazi Eğitim Fekiltesi Dergisi*, 21 (1), (2001), 139-148.
- [10] Senemoğlu, N., *Gelişim Öğrenme ve Öğretim*, Özsen Matbaacılık, Ankara, (1998), 42.
- [11] Murphy, E., “Constructivism: From Philosophy to Practice”, *Education Resources Informations Center*, (1997).
- [12] Tytler, R., “Teaching for understanding in science: Student conceptions research, and changing views of learning”, *Australian Science Teachers Journal*, 48 (3), (2002), 14-21.
- [13] Pines, A. and West, L., “Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within sources of knowledge framework”, *Science Education*, 70 (5), (1986), 583-604

- [14] Driver, R. ve Easley, J., "Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students", *Studies in Science Education*, 5, (1978), 61-84.
- [15] Helm, H., "Misconceptions in physics amongst South African students", *Physics Education*, 15 (2), (1980), 92-97.
- [16] Gilbert, J.K., Watts, D.M., Osborne, R.J., "Students' concepts of ideas in mechanics", *Physics Education*, 17, (1982), 62-66
- [17] Tytler, R., "Children's conceptions of air pressure: Explorince the nature of conceptual change", *İnternational Journal of Science Education*, 20 (8), (1998), 929-958.
- [18] Gilbert, J.K., Osborne, R.J., Fensham, P.J., "Children's Science and its Consequences for Teaching", *Science Education*, 64 (4), (1982), 623-633.
- [19] Hand, B. and Treagust, D.F., "Student achievement and science curriculum development using a constructivist framework", *School Science and Mathematics*, 91 (4), (1991), 172-176
- [20] Bodner, G.M., "Constructivism: A theory of knowledge", *Journal of Chemical Education*, 63 (1), (1986), 873-878
- [21] Bodner, G.M., "Why good teaching fails and hard-working students do not always succeed?", *Spectrum*, 28 (1), (1990), 27-32
- [22] Hewson, P.W. and Hewson, M.G., "The role of conceptual conflict in conceptual change and design of science intruction", *İnstructional Science*, 13, (1984), 1-13
- [23] İşman, A., Baytekin, Ç., Balkan, F., Horzum, B., Kıyıcı, M., "Fen bilgisi eğitimi ve yapısalcı yaklaşım", *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 1 (1), (2002).
- [24] Marin, N., Benarroch, A., Gomez, E.J., "What is the relationship between social constructivism and Piagetian constructivism? An analysis of characteristics of the ideas within both theories", 22 (3), (2000), 225-238
- [25] Glaserfled, E.V., "Cognition, Construction of Knowledge and Teaching", *Synthese*, <http://www.univie.ac.at/constructivism/EvG/>, 80 (1), (1989), 121-140.
- [26] Tharp, R. and Gallimore R., "A theory of teaching as assited performance", *Cambridge University Press*, New York, (1988)
- [27] Çepni, S., Akdeniz, A.R., Keser, Ö.F., "Fen bilimleri öğretiminde bütünleştirici öğrenme kuramına uygun örnek rehber materyallerin geliştirilmesi", *Fırat Üniversitesi 19. Fizik Kongresi*, Elazığ, (2000).

- [28] Çepni, S., Şan, H.M., Gökdere, M., Küçük, M., “Fen bilgisi öğretiminde zihinde yapılanma kuralına uygun 7E modeline göre örnek etkinlik geliştirme”, *Maltepe Üniversitesi Yeni Bin Yılın Başından Türkiye’de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*, Bildiri kitabı s.183-190, İstanbul, (2001).
- [29] Nussbaum, J. and Novick, S., “Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy”, *Instructional Science*, 11, (1982), 183-200.
- [30] Cosgrove, M. and Osborne, R., “Lesson Frameworks for Changing Children's Ideas”, *Learning in Science: The implications of children's science*, Osborne R. and Freyberg P. Heinemann, (1985).
- [31] Champagne, A. B., Gunstone, R. F. and Klopfer, L. E., “Effecting changes in cognitive structures among physics students in Cognitive Structure and Conceptual Change”, West L. and Pines A. (Eds.). Academic Press, (1985).
- [32] Rowell, J. A. and Dawson, C. J., “Equilibration1 conflict and instruction: A new class-oriented perspective”, *European Journal of Science Education*, 4 (4), (1985), 331-344.
- [33] Brown, D. E. and Clement, J., “Overcoming misconceptions by analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction”, *Instructional Science*, 18, (1989), 237-261.
- [34] Scott, P.H., Asoko, H.M., Driver, R., “Teaching for conceptual change: A review of strategies”, *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. R. Duit, Goldberg, F., Niedderer, H. Kiel, (1992), IPN: 310-329.
- [35] Niedderer, H., “A teaching strategy based on students' alternative frameworks - theoretical conceptions and examples”, In: *Proceedings of the Second International Seminar. Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Cornell University, 2, (1987), 360-367.
- [36] Bedir, G., Yeni ilköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programının öğrencilerin kavramsal anlamaları üzerine etkisi: hücre bölünmesi ve kalıtım ünitesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı, Balıkesir, (2007).
- [37] Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., Gertzog, W.A, “Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of a conceptual change”, *Science Education*, 66 (2), (1982), 211-227.
- [38] Wosilait, K., Heron, P.R.L., Shaffer, P.S., McDermott, L.C., “Addressing student difficulties in applying a wave model to the interference and diffraction of light”, *American Journal of Physics*, 67 (7), (1999).

- [39] Ambrose, B.S., Shaffer, P.S., Steinberg, R.N., McDermott, L.C., “An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference”, *American Journal of Physics*, 67 (2), (1999).
- [40] Hubber, P., “Year 12 Students’ Mental Models of Nature of Light”, *Research in Science Education*, 36, (2006), 419-439.
- [41] Colin, P. and Viennot, L., “Using two models in optics: Students’ difficulties and suggestions for teaching”, *American Journal of Physics*, 69 (7), (2001), 36-44.
- [42] Yıldırım, A. ve Şimşek, H., Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, Ankara, (2005).
- [43] Ekiz, D., Eğitimde araştırma yöntem ve metodlarına giriş, Anı Yayıncılık, Ankara, (2003).
- [44] Büyüköztürk, Ş., Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı, Pagem Yayıncılık, Ankara, (2004).
- [45] Ural, A. ve Kılıç, İ., Bilimsel araştırma süreci ve SPSS ile veri analizi, Detay Yayıncılık, Ankara, (2005).
- [46] Kocakulah, M.S., A study of the development of Turkish first year university students’ understanding of elektromagnetism and the implications for instruction, Ph. D. Thesis, The University of Leeds, Leeds, England, (1999).
- [47] Kocakulah, A., İlk, orta ve yüksek öğretim öğrencilerinin görüntü oluşumu ve renkler üzerine düşünce biçimleri, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı, Balıkesir, (2006).
- [48] Kabapınar, F., “Kavram yanılgılarının ölçülmesinde kullanılabilecek bir ölçeğin bilgi-kavrama düzeyini ölçmeyi amaçlayan ölçekten farklılıkları”. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, sayı 35, ss.398-417, yaz (2003).
- [49] Yimenicioğlu, F., ÖSS’ye Hazırlık Fizik Konu Anlatımlı, *Uğur Yayınları*, İstanbul, (2006).
- [50] Tekin, I., Özer, A., Candan, H., Aksoy, S., Yaz, M.A., Kahraman, Z., Fizik 4 Dalgalar ve Atom, *Sürat Yayınları*, İstanbul, (1998).