



An Investigation of The Effects of Teaching Based on Generative Learning Model on Secondary School Students' Conceptual Change About Single-slit Diffraction

Mustafa Sabri KOCAKÜLAH^{1,*} and Mehmet KURAL²

¹Balıkesir University, Balıkesir, TURKEY; ²Demirci Anatolian Teacher Training High School, Demirci, Manisa, TURKEY

Received: 08.02.2012

Accepted: 11.06.2012

Abstract – In this study, effect of designed constructivist teaching approach about diffraction of light in a single-slit on students' conceptual change was investigated with a pretest-posttest control group design. An achievement test, a conceptual understanding test and semi-structured interviews were used as data collection instruments. It was observed that control group students were unable to clarify the reason of calculating path difference and made mistakes in explaining how the path difference was found after teaching. Some students were found to preserve the idea that light bends at the ends of the slit and those bended light rays interfere while some others developed hybrid responses by composing wave and particle models of light. It was revealed that experimental group students reached higher levels of conceptual understandings than control group students considering their responses of explaining successfully the notions of path difference, order of bright and dark fringes on a screen and the change in fringe width.

Key words: Constructivist Approach, Conceptual Change, Single-slit Diffraction, Physics Education.

Summary

Introduction

Many studies are conducted about constructivist approach both in Turkey and abroad and effects of teaching based on constructivist approach are discussed considering conceptual change, students' attitudes and achievement in literature. More emphasis was especially given

* Corresponding author: Assoc. Prof. Dr. Mustafa Sabri Kocakulah in Science Education, Necatibey Education Faculty, Balıkesir University, TURKEY.

E-mail: sabriko@balikesir.edu.tr

to physics topics of heat and temperature, electric current, Newton's laws of motion and force in those studies (Wuttiprom et al., 2009). Although many studies about the above topics emerge in the literature, it has hardly been encountered with studies dealing with design of teaching to reveal the nature of students' conceptual understanding and to accomplish conceptual change about wave model of light in Turkey and abroad (Maurines, 2010).

Acquisitions in the new grade 12 physics curriculum, which emphasizes the use of different teaching methods in learning environments where students are actively engaged, require performing experiments showing diffraction phenomenon and inferring that light has wave property which results from diffraction phenomenon (MEB, 2009). Consequently, students' conceptual understanding levels about wave model of light, which finds a place itself in the new physics curriculum and have not been investigated thoroughly in the literature, and the extent to which constructivist approach influences their conceptual change compose problem of this study.

Aim of this study is to investigate the effect of teaching based on constructivist approach on Grade 11 students' conceptual change about single-slit diffraction of light which is one of the subtopics of wave model of light unit.

Wosilait, Heron, Shaffer and McDermott (1999) planned a teaching to construct the idea that every point of a narrow slit behaves as a source about single slit diffraction of light for graduated and Freshman students. Results of the study show that investigative teaching approach might help students to develop a reasonable model about abstract and difficult topics like interference and diffraction by making physics meaningful. Alternatively, Ambrose, Shaffer, Steinberg and McDermott (1999) tried to figure out models used by university students to explain double-slit interference and single-slit diffraction patterns. A single-slit set up was shown to students and then they were asked what would appear on the screen when the switch was on. Difficulties experienced by students were categorized as misapplication of geometrical and physical optics, lack of qualitative understanding about wave model and misconceptions about modern physics concepts.

Method

In this study, qualitative and quantitative research methods were used to examine in detail the effects of constructivist teaching on conceptual change about Wave Model of Light.

Sample

Sample of the study consists of 41 grade 11 students enrolled in two classes of an Anatolian High School in the district of Edremit, Balıkesir in 2006-2007 academic term.

Data Collection and Analysis

Achievement test, conceptual understanding test and semi-structured interviews were used as data collection instruments. Content analysis method was used to reach concepts and relationships between those concepts to explain data gathered. In the first step of this analysis, experts and researchers agreed on the content of full responses for each question. Secondly, pre and post test data were coded considering the agreed full response. Inter-coder reliabilities between the researcher and a second coder were found to be as 94.6% and 93.5% in the pre test and 91.8% and 92.8% in the post test responses.

Experimental Teaching Design

Socio-constructivist learning theory formed Wave Model of Light teaching in the experimental group. Specifically, Cosgrove and Osborne's (1985) generative learning model of teaching was adopted in the experimental teaching. Two reasons can be suggested for the adoption of this model. Firstly, students may not come up with ideas about wave model of light due to the abstract nature of the topic. Secondly, creating conflict between physical and geometrical optics ideas was thought to be best suited to make a synthesis of different ideas while progressing towards scientific ideas.

Findings

None of the students gave scientifically acceptable explanation to single slit question in the pre- test. After teaching 62% of experimental and 50% of control group students responded in a scientifically acceptable way. Students in the experimental group mostly did not refer to Huygens' principle in their incomplete but scientifically acceptable responses. In this respect, it can be said that experimental group students' responses were richer than the control group students' in terms of the elements involved in the responses.

In the pre test, 24% of the students gave scientifically unacceptable responses about wave model of light while 30% of the control group students responded in the same category. One of the important analysis results is the development of hybrid responses rather than the use of geometrical optics ideas by both experimental (14%) and control group (20%) students in the post -test. Two kinds of explanations were put in this category:

- Responses involving both geometrical and physical optics ideas,
- Responses combining both ideas shaped during teaching in the university preparation course and research study teaching.

Results and Conclusion

It was revealed in this study that control group students were able to explain path difference concept but unable to clarify the cause of calculating path difference. It was evident in the final interviews that errors made about calculating path difference originated from the need of connecting a point on the screen to the midpoint of the line which connected slits.

Students should be presented with unacceptable idea of 'both ends of a single-slit behave as a source' is inadequate in explaining phenomena on the screen as it was implemented in the experimental group teaching. For instance, only Huygens' principle is used to explain the descending brightness of bright fringes from the central maxima on the screen in a single-slit experiment. Students' discussions on this issue are believed to help them adopt Huygens' principle in this study.

Success of the designed teaching on motivating students was evident from the students' statements that indicated their realization of the continuous link between experiments performed and everyday life and importance of the topic taught. Therefore, it can be concluded that teaching model used in this study is compatible with the new physics curriculum, which has been based on everyday life based teaching approach, and may be suggested for teachers who want to teach single-slit diffraction topic in their classes.

Ortaöğretim Öğrencilerinin Üretken Öğrenme Modeline Göre Tasarlanan Öğretim ile Tek Yarıktaki Kırınım Konusundaki Kavramsal Değişimlerinin İncelenmesi

Mustafa Sabri KOCAKÜLAH^{1,†} and Mehmet KURAL²

¹Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, TÜRKİYE; ²Demirci Anadolu Öğretmen Lisesi, Demirci, Manisa, TÜRKİYE

Makale Gönderme Tarihi: 08.02.2012

Makale Kabul Tarihi: 11.06.2012

Özet – Yapılandırmacı yaklaşımın temel alındığı Üretken Öğrenme Modeline göre tasarlanan Işığın Tek Yarıktaki Kırınımı konusuna ait öğretimin, öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerindeki etkisi 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. Öğretim sonrasında kontrol grubu öğrencilerinin tek yarıktaki kırınım düzeneğinde yol farkının neden alındığı konusuna açıklık getiremedikleri ve yol farkı almada hatalar yaptıkları gözlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin bazılarının ışığın yarığın uçlarında büküleceği ve bükülen ışınların girişim yapacağı düşüncesini araştırma sonrasında korudukları, bazılarının ise ışığın dalga ve tanecik modellerini birleştirerek melez yanıtlar geliştirdikleri saptanmıştır. Yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği deney grubu öğrencilerinde kavramsal anlamının daha üst düzeyde gerçekleştiği; yol farkı, perde üzerinde aydınlık ve karanlık saçakların dizilimi ve saçak aralıklarının değişimini başarı ile açıklayabilmelerinden anlaşılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Yapılandırmacı Yaklaşım, Kavramsal Değişim, Tek Yarıktaki Kırınım, Fizik Eğitimi, Üretken Öğrenme Modeli

Giriş

Ausubel (1968)'in “öğrenmeyi etkileyen en önemli faktör öğrencinin mevcut bilgi birikimidir” (s.18) şeklinde ifade ettiği 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 (Hand ve Treagust, 1991; Kearney, 2004).

[†] İletişim: Doç. Dr. Mustafa Sabri KOCAKÜLAH, İlköğretim Bölümü Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, Necatibey Eğitim Fakültesi, Balıkesir Üniversitesi, TÜRKİYE.

E- mail: sabriko@balikesir.edu.tr

Yapılandırmacı yaklaşım öğrencilerin fen öğreniminde fiziksel dünya ile etkileşim içinde olduklarını vurgular. Bu etkileşimler sonucunda öğrenciler; fiziksel dünyaya ait bazı fikir ve kavramlarla sınıfa gelirler. Bu kavramların çoğu, bilim adamlarının bu zamana kadar yapılandırdıkları fiziksel dünyadan oldukça farklıdır (Tytler, 2002). Tytler (2002)' a göre; öğrencilere, sıkı sıkıya bağlı oldukları ve daha önce sahip oldukları kavramlardan farklı olan bilimsel görüş açıklandığında, öğrenci önceki fikrini bırakıp, bilimsel fikri kabul edebilir. Ancak Gilbert, Osborne ve Fensham (1982)'a göre tüm eğitimcilerin beklediği bu sonuç her zaman gerçekleşmez. Öğrenci sınıfta ve öğretim sonunda yapılan sınavlarda bilimsel görüşü kabul edip günlük hayatta önceki fikirlerini kullanmaya devam edebilir, bilimsel görüş ile kendi görüşünü birleştirerek melez (hibrit) bir kavram geliştirebilir veya bilimsel görüşü reddedip kendi görüşünü benimsemeye devam edebilir. Bu noktada aktif öğrenme çevresi ve öğrencinin görüşlerinin bilimsel görüş ile uyumlu hale gelmesi anlamına gelen kavramsal değişimin önemi vurgulanmaktadır. Posner, Strike, Hewson ve Gertzog (1982)'a göre; kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için, var olan kavramla çatışan bir durum olmalıdır. Öğrenci var olan kavramının problemi çözemeyeceğine inanmalı, ortada bir anormallik olduğunu fark etmelidir. Bu durumdan rahatsızlık duymalı ve yeni kavramı akılcı bulmalıdır. Öğrenci yeni kavramın, karşılaştığı problemin çözümüne yardımcı olacağına da inanmalıdır.

Yapılandırmacı öğrenme teorisinin fen eğitiminde uygulanmasına yönelik olarak ve kavramsal değişimi gerçekleştirmeyi amaçlayan fen eğitimi araştırmacıları tarafından çeşitli öğretim stratejileri önerilmiştir. Bu stratejiler genellikle çelişkili olaylar (discripant events), fikirler arası çatışma (conflict between ideas) ve fikirlerin geliştirilmesi (development of ideas) olmak üzere üç ana başlığa dayanmaktadır (Scott, Asoko ve Driver, 1992).

Çelişkili olaylar stratejisinde, öğrenciler çelişkili olayla karşı karşıya getirilir. Grup içinde tartışarak kendi kavramsal yapılarının ve diğer arkadaşlarının yapılarının farkına varmalarına ve kavramsal çatışmanın çelişkili olayın açıklanarak oluşturulmasına çalışılır. Bilişsel değişim (accommodation) için rehberlik edilip öğrencilerin bilimsel görüşün kabul ettiği kavramsal modellerini kurmaları sağlanmaya çalışılır (D'Amico ve Gallaway, 2010; Friedl, 1986; Nussbaum ve Novick, 1982).

Cosgrove ve Osborne (1985), Champagne, Gunstone ve Klopfer (1985), Rowell ve Dowson (1985) kavramsal değişimi sağlama konusunda fikirler arası çatışmaya dayanan kavramsal değişim yaklaşımlarını benimsemişlerdir. Cosgrove ve Osborne (1985), 'öğretimin üretken öğrenme modeli'nde yeni bir yapılandırmacı perspektif tabanlı öğretim stratejisi ortaya koymuşlardır. Bu stratejiye göre; öğretmen bilimsel görüşün, öğrencilerin görüşünün ve kendi görüşünün sentezini yapar. Öğrenci kendi görüşünü sınar ve sahip olduğu kavramın

içeriğini test eder. Öğrenciler görüşlerinin olumlu ve olumsuz yanlarını tartışırlar ve öğretmen bilimsel görüşü tanıtırarak yeni düşüncenin başka durumlara uygulanması için öğrencilere fırsat verir. Champagne ve diğer. (1985) nin ‘idealleştirilmiş yüzleştirme’ adlı öğretim stratejisinde öğrenciler birlikte bir fiziksel olay hakkında tahminlerde bulunurlarken her öğrenci kendi tahminini destekleyecek analizler yapıp sınıfa sunar. Öğrenciler kendi görüşlerinin doğru olduğu konusunda tartışarak birbirlerini ikna etmeye çalışırlar. Bu sırada öğretmen bilimsel kavramları kullanarak fiziksel durumu açıklar ve öğrencilere kendi görüşleriyle, yeni olanı karşılaştırma fırsatını verir. Öte yandan, Rowell ve Dowson (1985)’ a göre öğrencilere önce bilimsel görüş tanıtırılmalıdır. Öğrencilerin kendi teorileri ancak daha iyi bir teori ile değiştirilmeli ve daha iyi olan teorinin getirdiği yenilikler, bilginin yapılanması için hemen eski teori ile karşılaştırılmalıdır. Öğrenciler yeni durum ile ilgili problem çözüp sonuçları tartışmalı ve benzer durumlar için olabildiğince problem çözümü yapılmalıdır.

Bilişsel çatışmaların oluşturulup bunların çözümlenmesini içeren önceki stratejilerden farklı olarak üçüncü strateji öğrencilerin halihazırdaki fikirleri üzerine kurulmuştur. Buna göre Brown ve Clement (1989)’ in benimsediği ‘benzetimsel öğretim stratejisi’ örnek verilebileceği bu türde bilimsel görüşe yakın sezgisel inançların artırılarak, hatalı inançların azaltılması amaçlanmalıdır. Bu stratejiye göre kavramsal değişim, öğrenciye, fiziksel bir durumun sayısal bağıntılarından çok, sezgisel ve niteliksel anlamasını kurmak için fırsat verilirse, sağlanmaktadır. Öğrenciler bilimsel görüşe, onlara sunulan destekleyici örneğin arkasından yapılan köprü stratejisi ile daha kolay ulaşabilirler. Öğrenci kavramları sunulacak hedef soru ile açık hale getirilebilir.

Problem

Ülkemizde, üniversiteye giriş sınavlarında, fen bilimleri bölümündeki soruların doğru yanıtlanma oranının hayli düşük ve Uluslararası Öğrenci Başarılarını Değerlendirme Projesi (PISA) 2006 yılı raporuna göre ülkemizin fen bilimleri alanında 57 ülke arasında 44. olması fen öğretimindeki eksikleri açıkça ortaya koymaktadır (Anıl, 2009; Eraslan, 2009; Ortaş, 2009). 2005-2006 eğitim öğretim yılına kadar gerçekleştirilen üniversiteye giriş sınavlarında ilköğretim ve 9. sınıf programlarındaki konulara yönelik sorular sorulmuştur. Bu durum 10 ve 11. sınıf fizik konularına ait öğretimleri olumsuz yönde etkilemiştir (Çoban ve Hançer, 2006; Turgut ve diğer., 2006). 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 (Kural, 2008; Turgut ve diğer., 2006).

2005-2006 eğitim öğretim yılında ise Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezinin almış olduğu kararla, tüm ortaöğretim programındaki konular sınavın kapsamı içerisine alınmıştır. Bu karar ışık teorileri, atom teorileri gibi konuların üzerindeki ilgiyi doruk noktaya taşımıştır. Ayrıca 2005-2006 eğitim öğretim yılına kadar geçerli olan, ilköğretim ve 9. sınıf konularını kapsayan sınav sisteminin, eğitim araştırmacılarının yöneldikleri konuları da etkilediği görülmektedir. Alan yazında, yapılandırmacı yaklaşım üzerine, yurt içi ve yurt dışında pek çok çalışma yapıldığı, yapılandırmacı yaklaşıma dayanan öğretimlerin kavramsal değişime, öğrenci tutumlarına, öğrenci başarısına etkisinin tartışıldığı görülmektedir. Çalışmalarda özellikle; ısı – sıcaklık, ışık, elektrik akımı, Newton'un hareket yasaları, kuvvet gibi fizik konuları üzerinde durulmuştur (Kocakülah, 2006; Wutti-prom ve diğer., 2009). Bununla birlikte, yurt içi ve yurt dışında ışığın dalga modeli gibi bir konuda öğrencilerin kavramsal anlamalarının doğası ve kavramsal değişim amaçlı öğretimin tasarlandığı bir çalışmaya yok denecek kadar az rastlanmaktadır (Kaya Şengören, 2006; Maurines, 2010).

Alan yazındaki bu eksiklik dikkate alındığında, 2005-2006 eğitim öğretim yılından itibaren ortaöğretim fizik derslerinde önemi giderek artan ışığın dalga modeli gibi bir konunun öğrenciler tarafından öğrenilmesinde, yapılandırmacı yaklaşım temel alınarak tasarlanan bir öğretimin ne gibi etkilerinin olduğu sorusu ortaya çıkmaktadır. Araştıran, sorgulayan, bilgiye ulaşma yollarını öğrenmiş insanı hedefleyen yapılandırmacı yaklaşım, acaba ışığın dalga modeli gibi alan yazında fazlaca karşılaşılmayan ancak ortaöğretim ve üniversite öğrenimi için önem taşıyan bir konunun (Kural, 2008) öğrenilmesinde ne derece etkilidir? Gerçekten, öğrencilerin etkin olarak derse katılabileceği öğrenme ortamlarında farklı öğretim yöntemlerini kullanmanın vurgulandığı 12. sınıf fizik dersi öğretim programı kazanımlarında, öğrencilerin kırınım olayını gösteren deney yapmaları ve kırınım olayından yola çıkarak ışığın dalga özelliği gösterdiği sonucuna varmalarını yer almaktadır (MEB, 2009).

Sonuç olarak, yeni fizik öğretim programında da yer verilen ve alan yazında çok fazla irdelenmemiş ışığın dalga modeli konusunda öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerinin ne olduğu ve yapılandırmacı yaklaşımın kavramsal değişimleri üzerinde ne derece etkili olduğu bu çalışmanın problemini oluşturmaktadır.

Araştırmanın Amacı

Çalışmanın amacı ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin Işığın Dalga Modeli ünitesinin alt başlıklarından biri olan Işığın Tek Yarıktaki Kırınımı konusuna ait kavramsal değişimlerine, yapılandırmacı yaklaşım temelli öğretimin etkisini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

1. Tek yarıқта kırınım konusuna ilişkin deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesindeki düşünceleri nelerdir?
2. Öğretim sonrası yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği deney grubu ile kontrol grubu öğrencilerinin kavramsal anlamaları arasında farklılık var mıdır?
3. Öğretim sonrasında Işığın Tek Yarıқта Kırınımı konusuna ilişkin düşünceleri nelerdir?

Literatür Taraması

Işığın tek yarıқта kırınımı üzerine Wosilait, Heron, Shaffer ve McDermott (1999) üniversiteye yeni başlayan ve mezun öğrencilere dar yarığın her noktasının kaynak gibi davrandığı fikrini verebilmek için öğretim planlamıştır. Öğrencilere, ışığın kırınım desenindeki karanlık bölgelerin; su dalgalarında girişim deseninde bulunan düğüm çizgilerine, aydınlık bölgelerin ise maksimum yapıcı girişim çizgilerine karşılık geldiği açıklanmaya çalışılmıştır. Çift yarıқта girişim deseninin verilir yarıklardan biri kapatıldığında ne olacağının sorulduğu ön testte bazı öğrencilerin geometrik ve fizik optiği birleştirerek melez bir kavram oluşturdukları ve aydınlıkları geometrik optik ile karanlıkları ise fizik optikle açıkladıkları bulunmuştur. Araştırmada çift yarıқта girişim öğretimini almış öğrencilere çift yarıқта girişim konusunda geliştirdikleri dalga modelini ikiden fazla yarık için genişletmeleri beklenmektedir. Böylelikle öğrencilere tek yarıқта kırınım, yarığa ait noktaları “yan yana dizilmiş sonsuz yarık” şeklinde düşündürerek açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda araştırma tabanlı öğretim yaklaşımı ile girişim ve kırınım gibi soyut ve anlaması zor olan konularda bile öğrencilerin mantıklı bir model geliştirmelerine yardımcı olunabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

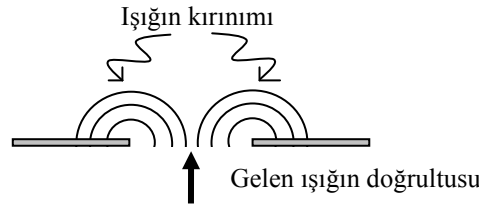
Şengören (2010) fizik öğretmenliğinde öğrenim gören 175 üniversite öğrencisi ile yaptığı çalışmada, öğrencilerin optik olaylarını açıklarken hangi ışık teorisini (dalga ya da tanecik) kullandıklarını araştırmıştır. Öğrencilere verilen testteki sorulardan birinde çift yarıktan biri kapatılırsa girişim deseninde nasıl bir değişiklik olacağı sorulmaktadır. Araştırmada öğrencilerde, desenin yarısının kaybolacağı, desende bir değişiklik olmayacağı fakat parlaklığın azalacağı ya da desenin tamamen aydınlık olacağı gibi kavram yanılgılarının gözlemlendiği rapor edilmiştir.

Ambrose, Shaffer, Steinberg ve McDermott (1999) üniversite öğrencilerinin çift yarıқта girişim ve tek yarıқта kırınım desenini açıklamak için kullandıkları modelleri ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Çalışmada öğrencilere tek yarık düzeneği gösterilmiş ve lamba yakıldığında ekranda nasıl bir görünüm oluşacağı sorulmuştur. Ardından ışık kaynağı uzaklaştırılırsa ekran üzerinde nasıl bir değişiklik olacağı ve aralık sürekli olarak daraltılıp

çok küçük hale getirildiğinde perde üzerinde nasıl bir görünümün olacağı irdelenmiştir. Bu çalışmada öğrencilerin yaşadıkları zorluklar şu kategorilere ayrılmıştır.

Geometrik ve fizik optiğin yanlış uygulanması

Ambrose ve diğer. (1999)'ne göre, bazı öğrenciler geometrik ve fizik optiği birleştirerek melez bir model oluşturmuşlardır. Bu modelle 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 uçlarında bükülerek (Şekil 1) kırınım deseninin oluşacağını belirtmişlerdir. Ayrıca yarık dikdörtgen olsa da, ışık kaynağı uzaktayken aydınlık lekenin dairesel olacağını düşünen öğrenciler bulunmaktadır.



Şekil 1 Öğrencilerin Kırınım Olayını Açıklamada Kullandıkları Model [Ambrose ve diğer. (1999)]

Öğrenciler kırınım desenini açıklarken yarığın merkezi için geometrik optiği, yarığın uç kısımları için ise fizik optiği kullanarak melez model geliştirmişlerdir. Ambrose ve diğer. (1999)'nin çalışmasında bazı öğrenciler, merkezi aydınlık saçığın geometrik optik kuralları çerçevesinde oluştuğunu düşünmektedirler. Görüşmeler, öğrencilerin merkezi aydınlık saçığın yarığın merkezindeki ışığa bağlı olduğunu düşündüğünü açığa çıkarmıştır. Öğrenciler yarığın orta bölgesine gelen ışığın kırılmadan geçeceğini yarık merkezine gelen ışığın yolunu perdeye düzgün çizgiler çizerek göstermektedirler. Yarık uçlarındaki ışık için ise dairesel dalgalar çizip uçlarda kırılmaya uğrayacağını söylemektedirler. Yanlış inanışlardan biri de kırınım deseninin uçlara vuran ışıklardan kaynaklandığı düşüncesidir. Bu şekilde düşünen öğrenciler ışığın yarık uçlarında sıçradığını vurgulamaktadır. Açıkça, öğrenciler Huygens Prensipliğini kullanarak yarığın tüm noktalarını ışık kaynağı olarak düşünmemektedirler.

Ambrose ve diğer. (1999) nin çalışmasında öğrencilerden bazıları da Huygens Prensipliğini uygularken, yarığın tüm noktalarını göstermişler fakat dairesel dalgaları sadece yarık uçlarındaki iki kaynak için çizmişlerdir. Bu öğrenciler tek yarıkta kırınım desenini yarığın uçlarındaki iki kaynağın girişimi ile açıklamaktadırlar. Başka bir öğrenci bu düşüncelyi 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. Açıkça bu öğrenci girişim ve kırınım formüllerini birbirine karıştırmaktadır.

Ambrose ve diğer. (1999) öğrencilere çift yarıktaki girişim desenini verip yarıklardan birisi kapatılırsa ne olacağını sorduklarında bazı öğrenciler desenin aynen kalacağını, tek yarığın her noktasının girişimi ile aynı desenin oluşturulacağını söylemişlerdir. Bazıları ise desenin aynen kalacağını ancak daha sönük saçaklar elde edileceğini belirtmişlerdir. Kimi öğrenciler ise yarıklardan biri kapatıldığında girişim deseninin yarısının kaybolacağını düşünmektedirler. Benzer sonuçlar Şengören (2010)' in çalışmasında da rapor edilmiştir.

Hubber (2006)'ın araştırma sonuçları da öğrencilerin 'foton' kavramı konusunda melez model geliştirdiklerini ortaya koymaktadır. Örneğin iki öğrenci çok sayıda parçacığın birlikte dalga etkisi yaptığını söylemiştir. Bilimsel görüş, tanecik ve dalga modellerinin tümüyle farklı fikirler olduğunu ve ayrı incelenmesi gerektiğini söylemektedir.

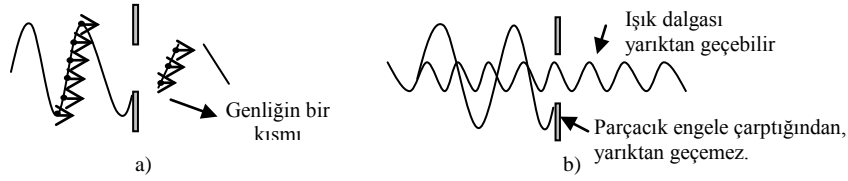
Dalga modeline ait niteliksel bir anlamının olmaması

Ambrose ve diğer. (1999) öğrencilerin yanlış inançlarından birinin ışığın dalga boyu yarık genişliğinden büyükse ekrana hiç ışık düşmeyeceği olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bu görüşün arkasında ışığın yarığa sığmayacağı düşüncesi yatmaktadır. 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.

Öğrencilerden bazılarının yol farkını yanlış kullandıkları aynı çalışmada bulunmuştur. Öğrenciler yol farkını bulurken perde üzerindeki bir noktayı kaynaklardan biriyle ya da kaynakları birleştiren doğrunun orta noktasıyla birleştirmektedir. Yine öğrencilerden bazıları, çok uzun mesafeler için yol farkının ihmal edilebilecek derecede küçüleceğini düşünmektedirler. Bu durum öğrencilerin yarıklar düzleminden çok uzak noktalar için bile yol farkının dalga boyundan çok büyük olabileceğini kavrayamadıklarını ortaya çıkarmaktadır.

Modern fizik kavramları ile ilgili yanlışlar

Ambrose ve diğer. (1999)'ne göre; öğrenciler fotonun doğrular halinde ilerlerken yarık uçlarında bükülmeye uğradığını düşünmektedirler. Öğrenciler ışığın 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 ettiği fikridir. Öğrenciler Şekil 2a'da görüldüğü gibi dalganın yarıktan geçerken bir miktarının kesileceğini, yarıktan bu kesilen kısmının geçeceğini ve diğer kısmının yarıktaki kalacağını belirtmişlerdir. Öğrencilerden biri, polarizasyonu açıklarken, Şekil 2b'de görüldüğü gibi, genliği yarığa sığan ışığın yarıktan geçebileceğini ancak, genliği yarığa sığmayan ışığın geçemeyeceğini vurgulamıştır.



Şekil 2a Fotonun Sinüsel Dalgalar Şeklinde Yayılması **b** Öğrencinin Polarizasyonu Açıklarken Kullandığı Model.

Özetle, öğrencilerin verilen bir optik olayda ışığın hangi modelini kullanacaklarına karar vermekte zorlandıkları birçok çalışma ile ortaya çıkarılmıştır (Hubber, 2006; Ambrose ve diğer., 1999; Wosilait ve diğer., 1999; Wosilait, 1996). Ayrıca Colin ve Viennot (2001) bazı öğrencilerin ışığın dalga ve tanecik modellerini ilişkilendirmekte zorlandıklarını keşfetmiştir.

Yöntem

Araştırmanın amacına uygun olarak, Işığın Dalga Modeli konusundaki kavramsal değişim üzerine, yapılandırmacı yaklaşımın temel alındığı öğretimin etkileri derinlemesine inceleneceğinden nitel ve nicel araştırma yöntemleri bir arada kullanılmıştır (Tashakkori ve Teddlie, 1998). Araştırma ön test son test kontrol gruplu yarı deneysel bir çalışmadır. Çalışmada öğretim öncesi ve sonrası toplanan verilerin belli bir güven aralığında anlamlılık derecesine bakılarak farklılığın olup oluşmadığına göre değerlendirilmesi yerine basit olarak yüzde frekans analizi ile karşılaştırılması tercih edilmiştir. Bununla birlikte, deney ve kontrol grupları arasındaki farkın niteliksel olarak karşılaştırılmasına önem verildiğinden çalışma fenomenolojik nitel araştırma desenine sahip bir çalışmadır. Fenomenolojik çalışmalar insanların çevrelerindeki gerçeklerle ilgili deneyimleri ve bu gerçekleri nasıl algılayıp onlara hangi anlamlar yüklediklerine odaklanır (Smith ve Eatough, 2007; Walsh ve diğer., 1993). Fenomenolojik çalışmada incelenen kavramlara ilişkin çalışılan grubun nitel tanımlamaları bulunmaktadır ve bu tanımlamalar kavramlar arası ilişkiyi de gösteren hiyerarşik olarak düzenlenmiş kategoriler halinde sunulmaktadır.

Araştırmada hazır bulunuşluk testi, kavramsal anlama testi ve yarı yapılandırılmış görüşmeler birincil veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Yanı sıra sınıf-içi video kayıtlarından elde edilen gözlem verileri, öğrenci defterleri, öğretim esnasında kullanılan çalışma yaprakları ile öğrenci tutturulan günlüklere dayalı yazılı veriler de araştırma bulgularını desteklemek amacıyla ikincil veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Öğrencilerin kavramsal anlama türlerini kategorize etmek amacıyla kullanılması da bu ikincil veri kaynaklarının öğrenmeleri değerlendirmede etkili geribildirim sağladığı düşünülmektedir (Black ve Wiliam, 1998).

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, 2006-2007 eğitim öğretim yılında, Balıkesir ili, Edremit ilçesindeki bir Anadolu Lisesinin iki farklı 11. sınıf şubesindeki 41 öğrenci oluşturmaktadır. Deney ve kontrol gruplarının oluşturulmasında hazır bulunuşluk testinden yararlanılmıştır. Bu testin uygulanmasıyla okuldaki 11 FEN A ve 11 FEN D şubelerinin denk olduğu ilişkisiz t testi ($t=.63$; $p=.53>.05$) ile ortaya konulmuştur. Böylelikle, D sınıfı (12 erkek, 9 kız) rastgele deney grubu olarak, A sınıfı (11 erkek, 9 kız) kontrol grubu olarak belirlenmiştir.

Veri Toplama Araçları

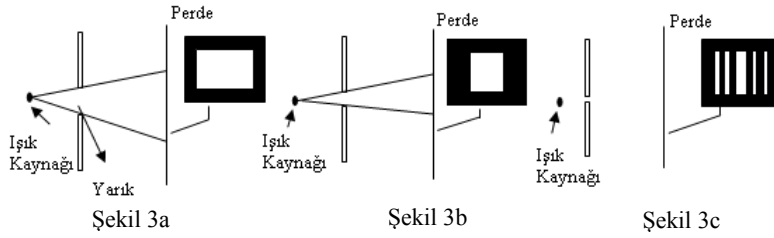
Aşağıda çalışmada veri toplama araçları olarak kullanılan hazır bulunuşluk testi, kavramsal anlama testi ve yarı yapılandırılmış görüşmeler açıklanmıştır.

Hazır bulunuşluk testi

Hazır bulunuşluk testi (HBT) deney ve kontrol gruplarının bilişsel düzeyleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını ortaya çıkarmak için geliştirilmiştir (Kural, 2008). Fizik dersi programı içeriği dikkate alınarak Işığın Dalga Modeli konusundan önce gelen konulara ait sorular çeşitli üniversiteye giriş sınavına hazırlık kitaplarından seçilerek bu soruların fizik eğitimi alanında uzman bir kişi tarafından değerlendirilmesi sağlanmıştır. Uzman ve araştırmacılar tarafından uygun görülen ve ilk hali 28 çoktan seçmeli sorudan oluşan bu test, Balıkesir Merkez sınırları içerisindeki özel dersanelerde öğrenim gören 197, 11. sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Madde analizi sonunda dört soru testten çıkarılmış ve testin KR-20 güvenirlik katsayısı .82 olarak hesaplanmıştır. Test ışığın dalga modeli ünitesinden önceki tüm 11.sınıf konularını (geometrik optik, yay ve su dalgaları) kapsamaktadır. Son hali 24 sorudan oluşan HBT, öğretimden 4 hafta önce kontrol ve deney gruplarına aynı anda uygulanmıştır.

Kavramsal anlama testi

İkinci veri toplama aracı olan kavramsal anlama testi (KAT), ön test olarak öğrencilerin öğretim öncesinde fikirlerinin ne olduğunun ortaya çıkarılması için, son test olarak da öğretim sonrası öğrenci fikirlerindeki değişimi görebilmek için geliştirilmiştir. 11. sınıf fizik dersi programına dayanarak araştırmacılar tarafından hazırlanan kavram haritasına göre, 8 adet açık uçlu soru yazılmış ve kavramsal anlama testi oluşturulmuştur. Kavramsal anlama testi bu haliyle Balıkesir ili Edremit ilçesindeki araştırmanın örnekleme ile ilişkisiz bir ortaöğretim kurumunda öğrenim gören 11. sınıf öğrencileri arasından 30 kişilik bir gruba deneme amaçlı uygulanmıştır. Deneme çalışması ve arkasından alınan uzman görüşü ile birlikte KAT'dan bir soru çıkarılmış ve bazı biçimsel değişiklikler gerçekleştirilmiştir. Tek yarıda kırınım ile ilgili olarak hazırlanan olaysal temelli (Driver ve Erickson, 1983) örnek soru aşağıda görülmektedir.



Şekillerde, ışık kaynağının önündeki aralık küçültülmektedir. Bu durumda perde üzerindeki aydınlık leke küçülmekte (Şekil 3a ve 3b) ve aralık çok küçüldüğünde perde üzerinde aydınlık-karanlık çizgiler (Şekil-3c) oluşmaktadır. Siyah kısımlar karanlıkları, beyaz kısımlar aydınlıkları göstermektedir. Bu olayı nasıl açıklarsınız?

Şekil 3 Kavramsal Anlama Testindeki Tek Yarıkta Kırınım Sorusu.

Yarı yapılandırılmış görüşmeler

Üçüncü veri toplama aracı olarak kullanılan yarı yapılandırılmış görüşmeler, öğrencilerin öğretim öncesinde fikirlerinin ne olduğu, bu fikirlerin öğretim sonrasında nasıl değiştiğini, bu değişimi etkileyen faktörlerin ne olduğu gibi noktaları derinlemesine betimleyebilmek için kullanılmıştır. Hazır bulunuşluk testi verilerine dayanılarak elde edilen başarı durumları temelinde ve okul öğretmeninden alınan bilgilere dayanılarak deney ve kontrol gruplarından iki iyi, iki orta ve bir zayıf olmak üzere toplam 10 öğrenci ile öğretim öncesi ve sonrası görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler, okul çıkışlarında ve hafta sonlarında dershanelere gittiklerinden dolayı görüşmeler için en uygun zamanın öğle arası olacağı düşünülmüş ve okulun fizik laboratuvarında öğle aralarında görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ön görüşmelerin tümü, öğretim öncesindeki iki hafta içerisinde tamamlanmıştır. KAT uygulandıktan iki hafta sonra da öğretim sonrası son görüşmeler gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Öğretim sonrası görüşmeler iki hafta sürmüştür.

Verilerin Analizi

Kavramsal anlama testinde yer alan açık uçlu soruların analizinde, elde edilen verileri açıklayabilecek kavramlar ve ilişkilere ulaşabilmek amacı ile içerik analizi yöntemine başvurulmuştur. Bu analizin ilk basamağı olarak, uzman görüşü ile araştırmacı görüşlerinin sentezi sonucunda her bir soru için yanıt anahtarı oluşturulmuş ve ön ve son test verileri kodlanmıştır. Öğrencilerin ön ve son testlerdeki bilimsel anlamda doğru yanıtları her soru için “Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar” üst kategori başlığı altında yanıtın eksiksiz verilmesi durumunda, “Bilimsel olarak tam doğru yanıt”, bilimsel doğru ama eksik ifadeler içermesi durumunda ise “Bilimsel olarak kısmen doğru yanıt” kategorilerinde toplanmıştır. Kategorilerin oluşturulmasında Kocakülah (2011)’ in çalışmasından yararlanılmıştır.

Bilimsel doğrularla bağdaşmayan ve yanlış kavramlar 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” gibi kategoriler oluşmuştur. Sorularda yer alan kavramlarla hiçbir şekilde ilişki göstermeyen, belirsiz anlamlı veya sorunun aynen tekrarını içeren yanıtlar “kodlanamaz yanıtlar” kategorisine alınmıştır. Ayrıca boş bırakılan ya da “fikrim yok”, “bilmiyorum” gibi ifadeler “yanıtsız” kategorisinde toplanmıştır.

Verilerin kodlanmasında tutarlık anlamında güvenilirliği (Büyüköztürk, Akgün, Karadeniz, Demirel ve Kılıç, 2011) ortaya koymak amacıyla özel bir dershanede beş yıldır görevini sürdüren, alanında uzman fizik öğretmeni ikinci kodlayıcı olarak, ön ve son testteki öğrenci yanıtlarını değerlendirmiş ve yanıtların hangi kategoriye uygun olduğunu belirlemiştir. Bu çalışma sonrası deney ve kontrol gruplarındaki öğrenci yanıtlarının, araştırmacı ile ikinci kodlayıcı arasındaki tutarlılık yüzdeleri sırasıyla ön testlerde %94.6 ve %93.5; son testlerde %91.8 ve %92.8 olarak bulunmuştur. Bu sonuç her iki kodlayıcı arasındaki tutarlığın yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir (Gazit, Yair ve Chen, 2006).

Deney Grubu Öğretimi Tasarımı

Deney grubunda gerçekleştirilen Işığın Dalga Modeli öğretimine yön veren felsefik anlayış sosyal yapılandırmacı öğrenme kuramıdır. Deney grubu öğretiminde yapılandırmacı yaklaşım perspektifinde, Cosgrove ve Osborne (1985) tarafından ileri sürülen “Öğretimin Üretken Öğrenme Modeli” (Generative Learning Model of Teaching) benimsenmiştir. Bu modelin benimsenmesinin iki gerekçesi vardır. Bunlardan birincisi soyut doğasından ötürü öğrencilerin ışığın dalga modeli ile ilgili halihazırda fikirlerinin olmayabileceği olsa da bunları sığ olacağı düşüncesi, ikincisi ise öğrencilerin geometrik optik kavramlarını görmüş olduklarından fizik optik kavramlarını sunmada fikirler arası çatışma yaratmanın farklı görüşlerin sentezini yapıp bilimsel görüşü kabul ettirmede daha uygun olacağı düşüncesidir.

Araştırmacılardan biri deney ve kontrol gruplarında yapılan öğretimlerde öğretmen rolünü üstlenmiştir. Öğretmen rolünde önce öğrencilerin fikirlerini ortaya çıkarmaya, ardından onlara fikirlerinin farkında olma ve bunları sınama fırsatı sunmaya çalışmıştır. Bundan sonraki aşamada bilimsel görüşü öğrencilere tanıştırmış ve edinilen yeni bilgi ile ilgili başka uygulama alanlarına öğrencileri yönlendirmiştir. Tek yarıktaki kırınım konusunun 2006-2007 eğitim öğretim yılı 11. sınıf programında yer alan alt başlıkları ve deney grubu öğretiminde bu başlıklara ayrılan süreler Tablo 1’ de görülmektedir.

Tablo 1 Temalar ve Öğretim Süreleri

Tema	Süre (dk)
Tek yarıktaki kırınımın Huygens prensibi ile açıklanması	45
Tek yarıktaki kırınımın saçak aralığı	25
Tek yarık ve çift yarık desenleri arasındaki farklılıklar	20

Tek yarıktaki kırınım konusu yeni 12.sınıf fizik dersi öğretim programına ait dalgalar ünitesinde yer almakta olup bu ünitenin ışığın dalga modeline ilişkin bölümünde önemli bir açıklama göze çarpmaktadır. Açıklama 6.3 MEB (2009) formüller bakımından bir sınırlama getirmektedir. Formüllerin yalnızca kavramların anlaşılmasının kolaylaştırılması için kullanılacağını günlük yaşamla bağdaşmayan problem çözümlerine girilmeyeceğini belirtmektedir. Bu çalışmada da, öğretim kavramsal anlama sınırında gerçekleştirilmiş, günlük hayata ilişkin atıflarda bulunulmuş, problem çözümüne ayrılan süre çok kısa tutulmuştur. Bu anlamda tasarlanan öğretim yeni programın konuya ilişkin öğretim yaklaşımı ile bağdaşan bir yaklaşıma sahiptir.

Deney grubu öğretiminin uygulaması

Ders 1

Öğretmen, öğrencilerine tek yarık düzeneğini tanıtmış ve nasıl hazırlandığından bahsetmiştir. Öğrencilere 2 dakika süre verilmiş, tek yarık düzeneğinden ışık kaynağına bakmaları, gördükleri deseni önlerindeki kağıtlara kaydetmeleri ve bu deseni açıklamaları istenmiştir. 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'deki öğrenciler parlaklıkların giderek azaldığını ve çift yarıktaki böyle bir olay gözlemlenemediklerini belirtmişlerdir. Yapılan gözlemin sonunda grup sözcülerinden çizdikleri şekilleri göstermeleri ve grubun fikrini sınıfa açıklamaları istenmiştir.

Grup1: *Merkezi aydınlık saçak daha geniş. Parlaklık da giderek azalıyor. (D21 söz alıyor) Hocam birde çift yarıktaki aydınlık oluşan yerde tek yarıktaki karanlık oluşuyor. (D21 eski bilgilerini kullanmaktadır)*

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

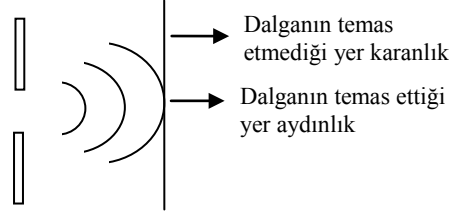
Öğretmen, “Peki bu olayın açıklanması konusunda ne düşündünüz” sorusunu yöneltmiş ve grup sözcülerinden yanıtları almaya başlamıştır. Tüm gruplar çift yarıktaki girişim konusunda kazandıkları alışkanlıkları kullanarak yapıcı ve bozucu girişim ile perde üzerinde aydınlık–karanlık saçaklar oluşacağını 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 aranızda tartışın.

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

Grup 2 ve Grup 4 yanıt verememiştir.

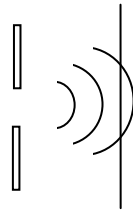
Grup 3: (D3 öğrencisi) Işık dalga dalga yayıldığı için, perdeye değen yer aydınlık, değmeyen yerler karanlık olabilir mi? (Öğrenci tahtaya Şekil 4’teki çizimi yapmıştır)



Şekil 4 D3 Öğrencisinin Kırımın Desenindeki Saçakları Açıklarken Kullandığı Çizim.

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 düştüğünü, 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.

D3 bu şekli çizerken, gruptaki birkaç öğrencinin bu fikri onaylamış gibi davrandıkları gözlenmiştir. Öğretmen “bu fikre katılıyor musunuz?” sorusunu yineleme ihtiyacı hissetmiştir. Birkaç öğrenci onlara mantıklı geldiğini söylemişlerdir. Öğretmen biraz düşündükten sonra Şekil 5’teki çizimi kullanarak bu olayın mümkün olmayacağını göstermiş, öğrenciler de tatmin olduklarını gösteren davranışlar sergilemişlerdir.



Şekil 5 Öğretmenin D3’ün Tezini Çürütmek İçin Kullandığı Çizim.

Öğretmen Şekil 5’te görüldüğü gibi dalgaları biraz daha öteleyerek, zamanla dalganın 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. Sınıfta fikrini açıklamak isteyen öğrencinin bulunmadığı anlaşıldıktan sonra öğretmen hazırlanan bilgisayar sunusundan yararlanarak Huygens Prensibini açıklamıştır. Huygens Prensibine göre ilerleyen bir dalga atmasının üzerindeki her noktanın yine bir dalga kaynağı gibi davranacağı belirtilmiştir. Tek yarıқта kırınım deseninin de ancak yarığın farklı noktalarının girişimi şeklinde açıklanabileceği vurgulanmıştır.

Sunu eşliğinde perde üzerindeki yol farkı $0, \lambda/2, \lambda, 3\lambda/2$ olan noktalarda aydınlık mı yoksa karanlık mı oluşacağına, öğrencilerin de katıldığı bir konuşma ortamı içerisinde karar verilmiştir. Öğrencilere 2λ ve $5\lambda/2$ değerleri için perde üzerinde hangi kırınım çizgisinin oluşacağı sorulmuştur. Öğretmen yine gruplardan genelleme yapmalarını istemiştir. Grupların genellemeleri tahtaya yazılmış ve tartışılmıştır. Tartışmanın sonunda $\Delta S = n\lambda$ ise karanlık ($n=1, 2, 3, \dots$), $\Delta S = (n+1/2)\lambda$ ise aydınlık ($n=0, 1, 3, \dots$) oluşur genellemesine ulaşılmıştır. Çift yarıқта girişim ve tek yarıқта kırınım bağıntılarının birbirinin tam tersi olduğu vurgulanmıştır. Öğretmen bu aşamada D21’in tek yarıқта kırınım desenine ait gözlemlerini hatırlatmıştır. Hatırlanacak olursa D21 dersin ilk bölümlerinde “tek yarıқта aydınlık oluşursa, çift yarıқта 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.

Ders 2

İlk dersteki tartışmaların gözden geçirilmesi ile ikinci ders başlamıştır. Öğretmen, bu dersin ilk bölümünde çift yarıқта girişim konusunda saçak aralığının nasıl bulunduğunu sormuştur. Ardından gruplara iki dakika süre vermiş ve tek yarık için saçak aralığı bağıntısına ulaşmalarını istemiştir. Grup 2 ve 4’ ün öğretmenin bağıntıların kullanılması konusundaki küçük yardımları ile saçak aralığını veren bağıntılara ulaşabildikleri gözlenmiştir. Bir öğrenci kalkarak bağıntıyı tahtada bulmuştur. Öğretmen, bağıntıda yer alan niceliklerin artmasının ya da azalmasının saçak aralığını nasıl etkileyeceğini öğrencilerine sorarak tartışmaya açmıştır. Ardından çalışma yaprakları dağıtılmış ve soru çözümü yapılmıştır.

Dersin ikinci bölümünde gruplara iki dakikalık süre verilmiş, tek ve çift yarık düzenekleri ile ışık kaynaklarına tekrar bakmaları ve farklılıkları kaydetmeleri istenmiştir. Öğrencilerin kaydetmeleri gereken iki önemli fark bulunmaktadır. Bunlar: (1) Merkezi aydınlık saçığın diğer saçaklardan kalın olması, (2) Tek yarıқта kırınım deseninde merkezi

aydınlık saçaktan itibaren gittikçe aydınlık saçakların parlaklıklarında azalmanın olması, çift yarıktan ise parlaklıkların aşağı yukarı aynı olmasıdır.

Öğretmen grup çalışmaları ve grup tartışmalarının ardından bilgisayar sunusu ile bilimsel görüşü tanıtmış, tek yarıktan merkezi aydınlık saçığın kalın oluşunun nedenini vurgulamıştır. Ortaya çıkan diğer sonuç olan parlaklıklar arasındaki farklılık tartışmaya açılmıştır. Öğretim sırasında parlaklıklar ile ilgili Grup 3'deki D7 öğrencisi ile öğretmen arasında geçen diyalog aşağıda aktarılmıştır.

D7: Hocam tek yarıktan ışık direk karşıya gördüğünden dolayı olabilir mi?

Öğretmen: Nasıl yani?

D7: Mesela ortaya gelen ışık karşıya direk vuruyordur. Orası daha parlak oluyordur.

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

D7: Onları da işte bu kuvvetlendirme, sönümlenme girişimle açıklarız.

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

D7: O da mesela yarığın uç ışıkları. Ortadakiler değil, onlar direk karşıya vuruyor.

Öğrenci, Ambrose ve diğer. (1999)'nin yaptığı çalışmada görülen melez model ile açıklama yapmaktadır. Fikrin tartışılması bölümünde öğretmen, D7'nin fikirleri hakkında öğrencilerin ne düşündüğünü sormuştur. Daha sonra sınıfa çift yarıktan 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 yarıktan da iki tane kalın saçak görmemiz gerekmez miydi? İki yarığın ortası karşıya aydınlatırdı, uçlarda girişim yaparlardı ve iki tane geniş aydınlık saçak ve onların yanına dizilmiş aydınlık–karanlık saçaklar görürdük.

D7: Ama hocam çift yarıktan üst üste gelmiş olabilir.

Öğretmen: Ne diyorsunuz olabilir mi böyle bir şey?

D21: Üst üste gelse en az bir geniş çizgi gözlerdik, o yüzden çift yarıktan 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.

Ders öğretmenin bilimsel görüşü açıklaması ve öğrenilenlerin gözden geçirilmesi ile bitmiştir.
Kontrol grubu öğretimi

Kontrol grubu ile deney grubu öğretimi arasında öğretimde işlenen temalar bakımından bir fark yoktur. Kontrol grubu öğretiminde yapılandırmacı yaklaşıma uygun öğrenci merkezli

etkinliklere yer verilmemiş, öğretmen merkezli öğretim stratejilerinden sunuş yoluyla öğretim stratejisi altında anlatım, gösteri, problem çözme ve tartışma yöntemleri kullanılmıştır. Konular daha çok düz anlatım şeklinde öğretmen tarafından sunulmuştur. 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. Bu nedenle kontrol grubunda öğretim tekniklerinden soru-cevap ve problem çözme uygulanmıştır. Kısacası kontrol grubu öğrencileri deneyleri izlemişler, öğretmenin açıklamalarını ve yaptığı soru çözümlerini anlamaya çalışmışlardır. Deney grubuna göre öğrenciler pasif bir rol üstlenmişlerdir.

Bulgular ve Yorumlar

Bu bölümde ön ve son test olarak uygulanan kavramsal anlama testine ait bulgular ve kavramsal anlama testinde ortaya çıkan verileri destekler nitelikteki ön ve son görüşme verileri birlikte sunulmaktadır. Tablo. 2 deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ön ve son testlerde kavramsal anlama testine verdikleri yanıtların ortaya çıkan kategoriler bazında dağılımını göstermektedir.

Öğretim Öncesindeki Bulgular

Tablo 2' de de görüldüğü gibi ön testte, deney ve kontrol gruplarında soruya bilimsel olarak kabul edilebilir anlamda 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 öğrencileri ile yapılan görüşmelerde geçen bazı diyaloglar aşağıda verilmiştir.

Araştırmacı: "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 ışıpta 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.

Araştırmacı: Ne oluyor olabilir mesela?

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 dershanede aldığı öğretimden dolayı dalga modeli fikrine sahiptir. Ancak tek yarıktaki kırınım olayını bilimsel olarak açıklayamamaktadır. Kendisine aydınlık–karanlık saçakların nasıl oluşabileceği sorulduğunda, yarıktan geçen ışınların yönlerinin, işleyişlerinin değişebileceğini, ışığın dağılacakını ve perde üzerindeki belli noktalara ışığın gelip belli noktalara gelmeyeceğini ifade etmiştir. D2'nin söylemlerine inanmadığı aslında olayı geometrik optik bilgileri ile açıklaması ile ortaya çıkmıştır.

Tablo 2 Tek yarıktaki kırınım sorusuna verilen yanıt türleri

YANIT TÜRLERİ	DENEY GRUBU		KONTROL GRUBU	
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar	Ön Test n (%)	Son test n (%)	Ön Test n (%)	Son Test n (%)
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 gözükür.	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	0	9 (42.85)	0	8 (40.00)
➤ Yarığın genişliği azalınca $\lambda > w$ olur, ışık dalgaları girişim yaparlar. Tek yarıktaki girişim olur. T+ T ve Ç+Ç aydınlık, T+Ç karanlık olur				
Ara Toplam 1	0	13 (61.90)	0	10 (50.00)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar				
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)
➤ Işık su dalgalarında olduğu gibi kırınımına uğrar, tepe ve çukurlar oluşur				
2. Olayları Geometrik Optik ile Açıklayan Yanıtlar				
➤ Işığın kırılması ile aydınlık karanlık bölgeler oluşur	0	0	4 (20.00)	0
➤ Aralık kapandıkça ışık karşıya daha az geçer, aydınlık azalır, karanlık artar				
3. Melez (Hibrit) Yanıtlar				
➤ Işığın tanecik modelinden dolayı, yarıktaki birden fazla nokta kaynağı varmış gibi düşünülür.				
➤ Aralık küçüldükçe yarığın uçları ayrı iki kaynak gibi davranır, girişim olur.	0	3 (14.28)	1 (5.00)	4 (20.00)
➤ Işığın yarıktan geçip aydınlattığı yer genişler. 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
➤ Işık 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. Yanıtsız	13 (61.90)	0	1 (5.00)	0
TOPLAM	21 (100)	21 (100)	20 (100)	20 (100)

Araştırmacı: Ön teste 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. Aradaki uzaklık azaldıkça bir süre sonra aydınlık ve karanlık saçaklar oluşmaya başlıyor. Işığın girişimi ile ilgili bir şey. O şekilde öğrenmiştik ama toparlayamıyorum.

Araştırmacı: Bu su dalgalarındaki bükülme ışıkta da oluyor olabilir mi mesela?

D5: Olabilir herhalde. Yani burada da yine kırınım ve girişim vardır diye hatırlıyorum sadece.

D5 öğrencisi, D2 öğrencisi gibi ışığın dalga modeli fikrine sahiptir. Ancak görüşme sonuçları ışığın dalga modeli fikrine sahip bu öğrencilerin bilimsel görüşle uyumlu bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermektedirler. Öğrenciler kırınım ve girişim gibi konunun temel kavramlarını zorlukla hatırlamaktadırlar.

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: Kavramsal anlama testinde soruya yanıt olarak; “bunun sebebi tepe-tepe, tepe-çukur ve çukur-çukurların birlikte oluşmasından meydana gelir” demişsiniz. Bu tepe-tepe ve çukur-çukur nedir?

K2: Dalgalar konusunda görmüştük tepe-tepe var diye su dalgaları konusunda yol farkından dolayı.

Araştırmacı: Yani ne demek istiyoruz burada?

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

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

Araştırmacı: Kırınım nedir?

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

Araştırmacı: Bunu ışık ile ilgisi nedir?

K5: Işıkla ilgisi... İşin aslı ben kırınım olduğunu biliyorum sadece. Ama evet kırınım su dalgalarında vardı yanlış mı hatırlıyorum acaba. Bir de 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 hangisi geçerli bilemiyorum.

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

Kontrol grubunun %20' si olayları geometrik optikle açıklamaya çalışırken, %5' i tanecik modeli ve dalga modeli fikrini bir arada barındıran melez (hibrit) yanıtlar vermiştir. Deney grubunda ise her iki kategoride de yanıt veren olmamış öğrencilerin %14' ü sezgisel açıklamalarda bulunmuşlardır. Böylelikle ön testte, 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 bulamazken kontrol grubunda ise bu oran oldukça düşük olup, %5 civarındadır. Soruyu yanıtsız bırakan deney grubu öğrencilerden D1 ve D4 görüşmelerde de soruya açıklama getiremeyerek yanıtsız bırakmışlardır.

Öğretim Sonrasında 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 ve kendileri ile görüşme yapılan öğrencilerden D2 ve D5'e ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Perdedeki bir noktanın neye göre aydınlık veya karanlık olduğuna nasıl karar veririz?

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: Biz bunu dalgalara benzetmiştik ışığın dalga modeliyle bunu açıkladık. Yol farkına bağlı olarak aralığın içindeki her farklı bir noktacıktan ışık kaynağı sanki bir dalga kaynağı gibi hareket ediyor. Aradaki yol farkına göre en yukarıdaki ile en aşağıdaki arasındaki yol farkı eğer tutuyorsa kimileri birbirini sönmülyüyor kimileri aydınlatıyor. O da doğal olarak ya aydınlık oluyor ya da karanlık.

Araştırmacı: Aydınlatma nasıl oluyor?

D2: Aydınlatma dediğim yerde birbirini güçlendiriyor. Mesela ikisi de nasıl diyeyim dalga katları mıydı onlar ikisinin de tepesi üst üste geliyor mesela aydınlık oluyor veya çukurlar aynı anda geliyorsa yine aydınlık oluyor. Tepe çukur üst üste geliyorsa burada birbirini sönmülyüyor ama o noktalar arası mesafeyle orantılı bir şey.

D2 öğrencisi ile gerçekleştirilen öğretim sonrası görüşme D2'ye ait düşüncelerin bilimsel görüşle bire bir uyumlu olduğunu ortaya çıkarmıştır. D2 öğrencisi gibi D3' de, yol farkı kavramını, yol farkının neden alındığını açıklayabilmektedir. Ayrıca Huygens Prensibini ve ışığın su dalgalarına benzetildiğini de belirtmiştir.

D5: Tek yarıktaki yarık çok dar olduğunda ışık kırınımına 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. Bu da girişimdir.

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

D5: Buna yol farkı alarak karar veririz. Yol farkı dalga boyunun bir iki üç gibi katları ise perdedeki nokta aydınlık oluyordu. $\lambda/2$ 'nin tek katları ise nokta karanlık gözüküyordu.

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. Burada noktayı tek yarığın uçlarına 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 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 ışığın dalgaya benzetileceğini de vurgulamıştır. Diyalogda görüldüğü gibi D5 tek ve çift yarık bağıntılarını karıştırmıştır. Ancak görüşmenin çift yarıkla ilgili olan diğer bölümünde hatasını düzeltmiştir. D5 öğrencisi bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimi gerçeklemiştir.

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

Araştırmacı: İkinci teste baktığımda "Aralıktan çıkan ışınlar doğrusal olarak yayılır ve aralık küçüldükçe bu ışınlar kırılarak dalga gibi davranır ve her bir ışık ışını bir biri içinde girişim deseni oluşturur" yazmışsın. Öncelikle nedir bu "girişim deseni"?

D1: Işık ışınları dalgalar gibi davranırlar ve 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 yarıktaki kırınım olayı oluyordu.

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

D1: Yol farkını alarak karar veririm. Yol farkı aldığımızda eğer dalga boyunun tam katı çıkıyorsa o zaman o nokta aydınlık, eğer $\lambda/2$ 'nin tek sayı katı çıkıyorsa 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 alırız. (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 hangisi düğüm çizgisi hangisi katar çizgisi oluşacağına karar vermiştik.

D1 açıklamalarında tek yarıktaki kırınım değil de çift yarıktaki girişime ait bağıntıları kullansa da çift yarıktaki girişim ile ilgili soruya D1 öğrencisi aynı bağıntıları kullanarak yanıt verince kendisine bu çelişkinin nedeni sorulmuştur. Görüşmelerde tek ve çift yarıktaki deneyleri bir arada ele alındığından dolayı araştırmacı öğrencilerin bağıntılar bakımından yaşadığı karışıklığa hemen müdahale etmemiş, bir sonraki sorunun görüşülmesini beklemiştir. Aşağıda D1'in çift yarıktaki ile ilgili bir sonraki soruya ilişkin görüşme diyalogları verilmiştir.

Araştırmacı: Bir şey dikkatimi çekti. Az önceki soruda yani tek yarıktaki söz konusu iken ve şimdiki sorumuzda aynı bağıntıları kullandınız. İkisinde de dediniz ki; “ λ 'nin tam katı ise aydınlık, $\lambda/2$ 'nin tek katları ise karanlık olur”. 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.

D1 öğrencisi kendisinden emin bir şekilde hatalı ifade kullandığını belirtmiş ve hatasını düzelterek bilimsel olarak tam doğru bir açıklama yapmıştır. Ayrıca, KAT'de kısmen doğru yanıt veren D4 öğrencisi de görüşmede yol farkı – dalga boyu ilişkisini açıklayabilmiştir. Yol farkını ve yol farkının neden alındığını ayrıca ışığın dalgaya benzetildiğini belirtmiştir. Bu öğrenciler KAT'de kısmen doğru yanıt vermiş olsalar da, açıklamalarının niteliklerinin zayıf olduğu aslında bilimsel olarak tam doğru kavramsal anlamaya sahip oldukları görülmüştür.

Araştırmacı: “Kaynaktan çıkan ışınlar dalgalarındaki girişim gibi girişim deseni oluşturur. Tepe+tepe, çukur+çukur birbirini kuvvetlendirir ve aydınlık bölge oluşur. Tepe ve çukur birbirini söndürür” şeklinde yanıtlamışsınız. Diyorsunuz ki; “dalgalar girişim yaparlar”. Nasıl oluyor bu?

K1: Hani 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 birbirini sönmemesi bazı noktalarda ise kuvvetlendirmesi. O şekilde denk geliyor ve diziliyorlar.

Araştırmacı: Perdede bir nokta düşünelim. Bu noktada aydınlık mı karanlık mı olacağını nasıl anlarız?

K1: Nasıl anlarız? Burada hatırladığım kadarıyla yol farkı alıyorduk. İşte dalga boyunun tam katı olduğunda aydınlık oluyordu. İşte $\lambda/2$ 'nin tek katlarında karanlık oluyordu.

Araştırmacı: Yol farkı?

K1: Yol farkı kaynaklara olan uzaklıklar arasındaki farktı.

Araştırmacı: Gösterebilir misin?

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

K1 öğrencisi, bu olayı ancak ışığın dalga modelinin açıklayabileceğini, aydınlık – karanlık saçakların girişim sonunda oluşacağını belirtmiştir. Yol farkı kavramını açıklamış, yol farkı ile dalga boyu ilişkisini kurabilmiştir. Ancak yol farkının neden alındığı konusunda bir fikre sahip değildir. Ayrıca K1 öğrencisi de tek ve çift yarık bağıntılarını karıştırmaktadır. Ancak konuşmalarının devamında hatasını kendisine sorulmadan düzeltmiştir. Işığın su dalgalarına benzetildiğini belirtmesine rağmen, yol farkının neden alındığına yanıt verememesi şaşırtıcıdır. Bu konuda K1’ in bütüncül bir anlamaya sahip olmadığı görülmektedir. Kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden K4 öğrencisi, yapıcı ve bozucu girişimi kullanarak kırınım 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.

Araştırmacı: “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: Bu ışık dalgalarının birleşmesi tepenin tepe ile üst üste binmesi girişim olur. O ise aydınlık oluşturur.

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

K5: Ona karar verirken yol farkı alırız. 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 kastediyorsunuz?

K5: Perde üzerinde bir noktanın kaynaklara uzaklığıydı.

Araştırmacı: Gösterebilir misiniz?

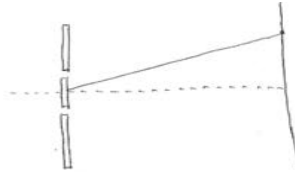
K5: (Perde üzerine bir nokta çizdi ve bunu hangi uca birleştireceğini düşündü. Karar veremeyince, yarıkları birleştiren doğrunun orta noktasına birleştirdi)

Araştırmacı: Bu uzaklığa yol farkı diyorsun?

K5: Evet.

Araştırmacı: Neden yol farkı alıyoruz?

K5: ... Bilemiyorum.



Şekil 6 K3 Öğrencisinin Yol Farkını Gösterirken Kullandığı Çizim.

Öğrenci K5, 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 farkı alma konusunda kavram yanılgısı bulunmakta olup çizim yaparken çift yarık düzeneğini kullanmıştır. Şekil 6’daki K3 öğrencisinin çizdiği şekle benzer bir çizim yapmıştır. Kısmi yanıt veren kontrol grubu öğrencilerinden K3 öğrencisinin yol farkı alma konusunda perdedeki noktayı yarıkların orta noktasına birleştirme şeklinde (Şekil 6) bir kavram yanılgısı bulunmaktadır. Ayrıca tek ve çift yarık bağıntılarını birbirine karıştırmaktadır. Ancak

görüşmenin çift yarık deneyi ile ilgili kısmında da aynı bağıntıları kullanınca araştırmacı iki olay içinde aynı ifadeleri kullandığını sorunca hatasını düzeltmiştir.

Tablo 3 Deney ve kontrol grubunun son testte kısmi yanıtlarının karşılaştırılması

Öğrenci kodu	Deney grubu	Öğrenci kodu	Kontrol grubu
D1	Bu olay ışığın dalga özelliğinden kaynaklanır. Aralık küçüldükçe, yarığın her bir noktası bir biri içinde girişim deseni oluşturur.	K1	Işığın girişimi sonucunda, tepe+tepe ve çukur+çukur aydınlık, tepe çukur karanlık olur.
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.	K4	Tepe+tepe ve çukur+çukur aydınlık, tepe çukur 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.		

Genel olarak deney grubu öğrencilerinin yaklaşık %62'si, kontrol grubunun ise %50'si bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Deney grubunda bilimsel olarak kısmen doğru yanıt verenler, tam yanıtı ait beş öğeden (ışığın dalga özelliği, Huygens prensibi, ışık dalgalarının girişimi, perde üzerinde ışık dalgalarının birbirini kuvvetlendirmesi, perde üzerinde ışık dalgalarının birbirini söndürmesi) genelde yalnızca birini yazmamışlardır. Örneğin öğrenci yapıcı ve bozucu girişimden bahsetmiş ama olaya tek yarığın kırınım 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 deney grubunun kısmen doğru yanıtlarının kontrol grubunun kısmen doğru yanıtlarına göre açıklama yönünden zengin olduğu söylenebilir. Bu durumu daha iyi betimleyebilmek için Tablo 3' te deney ve kontrol grubu öğrencilerinin vermiş olduğu kısmi yanıtlar karşılaştırılmaktadır. Kontrol grubunun kısmi yanıtlarının, deney grubu kısmi yanıtlarından nitelik açısından zayıf olduğu açıkça 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 yanıtların karşılaştırması Tablo 4' te sunulmaktadır.

Tablo 4' ten görüldüğü gibi açıklamalar nitelik bakımından zayıf ve bilimsel olarak kabul edilemezdir. Burada özellikle D13 ün "Işığın dalga boyu yarıktan büyük olduğunda $\lambda > \omega$ girişim gerçekleşir" şeklindeki yanıtı dikkat çekmektedir.

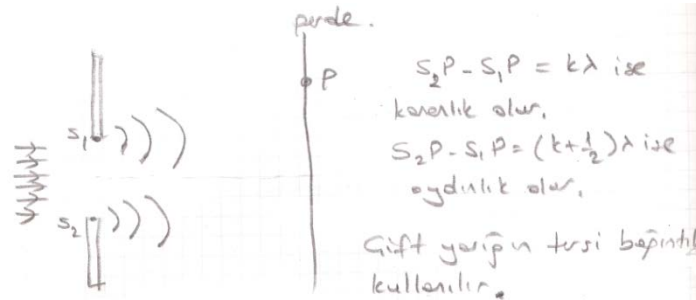
Tablo 4 Deney ve kontrol grubunun son testte ışığın dalga modeli ile ilgili kabul edilemez yanıtları

Öğrenci kodu	Deney grubu	Öğrenci kodu	Kontrol grubu
D6	Işığın dalga modeli	K20	T+T aydınlık, T+Ç karanlık.
D12	Belli mesafeden sonra girişim yaparlar, bunun sonucunda aydınlık karanlık saçaklar oluşur.	K8	Kaynağı ile perde arasındaki uzaklık azaldıkça aydınlık-karanlık saçak 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.	K18	Bu olay tek yarıktaki girişimdir.
D19	Yarık genişliği azaldıkça oluşan aydınlık karanlık saçak sayısı artar.	K7	Saçak aralıkları azalır ve bu yüzden karanlık aydınlık saçaklar oluşur.
D21	Aralık iyice küçüldükten sonra ışık kaynağından çıkan ışınların tepe ve çukurları karşılaşmaya başlar.	K19	Işık su dalgalarında olduğu gibi kırınıma uğrar, dalga leğeninde olduğu gibi tepe ve çukurlar oluşur.

Analizin önemli sonuçlarından biri de hem deney hem de kontrol grubundaki öğrenciler son testte olayları geometrik optik ile açıklamayı bırakmış bunun yerine melez yanıtlar geliştirmişlerdir. Deney grubu öğrencilerinin %14'ü, kontrol grubu öğrencilerinin %20'si melez yanıt vermiştir. İki tür yanıt bu kategoriye alınmıştır:

1. Dershane öğretmenin aktardıkları ile araştırma sırasındaki öğrenmeleri birleştirerek oluşturulan yanıtlar,
2. Hem fizik hem de geometrik optik kavramlarını içeren yanıtlar.

Öğrencilerin defterleri incelendiğinde, Şekil 7'de görüldüğü gibi dershane öğretmenin öğretimde ışığın yarığın uçlarında bükülerek girişim yapacağını belirttiği anlaşılmaktadır.

**Şekil 7** D1 öğrencisinin dershane defterindeki tek yarıktaki kırınımı açıklayan çizim.

K2 ile gerçekleştirilen öğretim sonu görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: Son testte “fant üzerindeki deliğin kenarları iki ayrı ışık kaynağı gibi davranır” demişsiniz. Bunu biraz açıklayabilir misiniz?

K2: Bu fantın üzerindeki deliklerin her biri iki ayrı ışık kaynağı gibi davranıyor. O yüzden bir ışık kaynağı iki ışık kaynağı gibi oluyor. Bu tek yarığın şuradaki kenarları çift yarığın gibi davranıyor çift ışık kaynağı gibi.

Araştırmacı: Burada perde üzerinde aydınlık-karanlık bölgelerin sıralanmasını nasıl açıklarsınız?

K2: Çift kaynak gibi davranan ışınların 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 ve karanlık ile aydınlık bölgeler oluşuyor.

Araştırmacı: 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 sönmülemiyor aynı kaynaklar tamamen ışığı yansıtıyorlar.

K2 öğrencisi, Huygens prensibini değil de, önceden katılmış olduğu öğretimden kalan “yarıgım uçları iki kaynak gibi davranır” fikrini savunmuştur. Bilimsel olarak kabul edilmeyen bu durum özellikle kontrol grubunda melez yanıt olarak kategorize edilen yanıtların tümünde geçerlidir. Öğrenciler öğretim sırasında Huygens Prensibi ile tanışmış olsalar da, gerek yeterince tatmin olmamalarından, gerekse eski öğrenmeleri anlama bakımından kolay geldiğinden dolayı ışık yarıgım uçlarında bükülür fikrini ısrarla savunmaktadırlar.

K2 gibi melez yanıt veren diğer öğrencilerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

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

K14: Yarıktaki her nokta kaynak gibi davranır. Ancak yarıgım uç kısımları iki ışık kaynağı kabul edilir. Işık dalga özelliği gösterir.

K17: Işık ışınları yarıgım 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 K10 merkezdeki aydınlık saçığı yarıktan direkt geçen ışığın oluşturduğunu ve diğer aydınlık karanlık saçakların ise girişim sonucunda oluştuğunu düşünmektedir. Yani merkezi aydınlık saçığı açıklamak için geometrik optiği, diğer aydınlık ve karanlık saçakları açıklamak için ise ışığın dalga modelini kullanmaktadır. K14 araştırmadaki öğretimden etkilenmiş ama halen kendi öğretmenin öğretilerinden

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 yanılmanın aynısı tekrarlanarak ışığın yarığın uçlarında büküleceğini belirtmektedir.

Deney grubunda ise bir öğrenci (D14) yukarıda belirtilen melez (hibrit) yanıt kategorilerinden ‘dershane öğretmenin aktardıkları ile araştırma sırasındaki öğrenmeleri birleştirerek oluşturulan yanıtlar’ kategorisinde açıklamada bulunmuştur.

D14: 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. Öte yandan, olayın hem fizik hem de geometrik optik ile açıklandığı türden melez yanıt veren deney grubu öğrencileri Huygens Prensibini benimsemiş gözükmektedir. Bu türden melez yanıt veren öğrencilerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

D9: Işığın tanecik modelinden dolayı yarıktaki birden fazla küçük noktasal kaynak varmış gibi davranır. Tek yarıktaki girişim olur.

D20: Yarığın genişliği değiştiğinde ışık yarığın iki ucundan yansıyarak iki ayrı 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 melez yanıt verdiği kabul edilmiştir. D20 ise ışığın yarığın iki ucundan yansıyarak girişim oluşturduğunu düşünmektedir. Özetle, deney grubunda melez 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.

Sonuç ve Tartışma

Araştırmadan elde edilen ön test sonuçları, her iki gruptaki öğrencilerin, daha önce katıldıkları kursta ışığın dalga modeli öğretimini almış olsalar da konuya ilişkin bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıklarını göstermiştir. Son testte deney grubu

öğrencilerinin %62'si, kontrol grubu öğrencilerinin %50'si bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Son testte kısmen doğru yanıt veren deney grubu öğrencileri ile gerçekleştirilen görüşmeler bu öğrencilerin yeterince detaylandırılmamış yanıtlar verdiklerini, aslında düşüncelerinin bilimsel görüşü yansıttığını ortaya çıkarmıştır. Ancak bu olumlu tablo, kontrol grubu için geçerli değildir. Kontrol grubunda kısmi yanıt veren öğrenciler ile yapılan görüşmelerde bu öğrencilerde ciddi öğrenme eksikleri ve kavram yanlışlarının bulunduğu görülmüştür. Dolayısıyla deney grubu, kontrol grubuna göre sayısal verilerin gösterdiğinden daha da öndedir. Kontrol grubu öğrencileri yol farkı kavramını açıklayabilmekte; ancak yol farkının neden alındığı konusuna açıklık getirememektedirler. Ayrıca yapılan son görüşmelerde bu kategorideki öğrenciler yol farkı ile dalga boyu ilişkisini kurabilmiş; ancak yol farkını alırken perde üzerindeki bir noktayı yarıkları birleştiren doğrunun orta noktasına birleştirerek yol farkı almada yanılığa düşmüşlerdir. Çalışmanın bu sonucu Ambrose ve diğer. (1999)'nin bulguları ile uyum içindedir. Yol farkı alırken yapılan bu hatalar ışığın dalga modeli öğretimi yapacak fizik öğretmenleri için önemlidir. Öğretmenler özellikle ışığın su dalgasına benzetildiğini, yol farkı alınmasının nedeninin bu olduğunu vurgulamalı ve yol farkı alma üzerine etkinlikler tasarlamalıdır.

Ambrose ve diğer. (1999)'nin araştırmasında olduğu gibi bu çalışmada da öğrencilerin melez (hibrit) yanıtlar verdikleri bulunmuştur. Melez yanıt veren öğrencilerden bazıları dersane öğretmeninin yaptığı öğretim ile araştırmacının yaptığı öğretimi birleştirmiştir. Bu öğrenciler ışığın yarığın uçlarında büküleceği ve bu bükülen ışınların girişim yapacağı düşüncesine sahiptirler. "Işığın yarığın uçlarında bükülmesi" fikrinin ısrarla savunulmasında neden olarak dersane öğretmeninin yapmış olduğu öğretim gösterilebilir. Öğrenci defterleri incelendiğinde dersane öğretmeninin yarığın iki ucunu kaynak gibi göstererek tek yarıқта kırınımı açıkladığı ortaya çıkarılmıştır. Bu fikir, öğrencilere Huygens Prensibine göre daha kolay ve anlaşılır gelmektedir. Ancak bu bilimsel olarak kabul edilemez bir durumdur. Melez yanıt veren diğer öğrenciler de ışığın dalga ve tanecik modelini bir arada kullanmaktadırlar. Örneğin K10 öğrencisi merkezi aydınlık saçağı geometrik optik ile diğer aydınlık-karanlık saçakları ise ışığın girişimi ile açıklamaktadır.

2009 Yılı haziran ayında yayınlanan 12.Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programı (MEB, 2009) incelendiğinde, 4.Ünite olan Dalgalar Ünitesinde Huygens Prensibi üzerinde durulduğu görülmektedir. Kazanım 6.1'de öğrenciler için "kırınım olayını gösteren deneyini yapar" ifadesi kullanılmakta ayrıca buna ait açıklama 6.1'de çembersel dalgalar gösterilerek Huygens Prensibinin verilmesi gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca açıklama 6.1 tek yarıқта kırınımına ait bağıntıların da verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Görüldüğü gibi ilk defa 2011-2012

eğitim öğretim yılında uygulamaya konulan yeni 12.sınıf fizik programı da bu araştırmanın önerilerine uygun olarak Huygens Prensibi üzerinde önemle durmaktadır.

Deney grubu öğretiminde yapıldığı gibi, bilimsel olarak hatalı olan “yarığın iki ucunun kaynak gibi gösterilmesi” fikrinin açıklayamayacağı olaylar öğrenciye sunulmalıdır. Örneğin tek yarıktaki aydınlık saçakların parlaklıklarının merkezi aydınlık saçaktan itibaren gittikçe azalması durumu ancak Huygens Prensibi ile açıklanabilir. Deney grubu öğretiminde öğrencilerin bu durum üzerinde tartışmaları onların Huygens Prensibini benimsemelerini sağlamıştır. Aynı içerik geleneksel yolla kontrol grubunda sunulmuştur. Ancak kontrol grubunda Huygens Prensibini benimsemeyen birçok öğrenci bulunmaktadır. Bu durumun, öğrencileri yeni tanıştıkları konu ile ilgili tartışmalara katarak ikna etmenin gerekliliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aksi takdirde Gilbert ve diğer. (1982) ile Tytler (2002)’ in da vurguladığı gibi öğrencilerin yeni bilgiyi reddedip eski bilgilerini kullanmaya devam etmeleri söz konusu olabileceğinden öğretmenlerin öğretimde buna dikkat etmeleri gerekmektedir.

Deney grubu öğrencileri bu araştırmada tasarlanan öğretim ile tek yarıktaki kırınımın Huygens Prensibi ile açıklanması, kırınım deseninin açıklanması, yol farkı kavramı noktalarında bilimsel görüşe doğru kavramsal değişimi gerçekleştirmişler ve kontrol grubunun sayısal, ayrıca niteliksel olarak hayli önünde yer almışlardır. Bununla birlikte özellikle Tablo 1’deki temalarda görüldüğü gibi tek ve çift yarık deneyleri arasındaki farklılıklar üzerinde önemle durulmasına rağmen bazı dikkatsiz davranan hem deney hem de kontrol grubu öğrencileri görüşmelerdeki ifadelerinde tek ve çift yarık bağıntılarını birbirine karıştırmışlardır. Bu konuda araştırmacı hem çift hem de tek yarıktaki aynı bağıntıları kullandıklarını vurgulayınca öğrenciler hatalarının farkına varmışlardır.

Görüşmeler sırasında öğrencilerden biri ancak $\lambda \geq \omega$ durumunda kırınımın gerçekleşeceğini belirtmiştir. Maurines (2010)’in çalışmasında da ortaya çıkan bu kavram yanılgısı öğrencilerin su dalgası ile ışığı aynı kefeye koyabileceğini göstermektedir. Bilimsel olarak; su dalgalarında $\lambda > \omega$ durumunda kırınım gerçekleşmektedir. Ancak ışığın dalga boyuna göre çok büyük bir yarıktaki kırınımı gerçekleştirebilmektedir. Bu yanılgı öğretmenlerin konunun öğretiminde dikkat etmeleri gereken bir başka noktadır.

Şengören (2010)’in çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da bazı öğrencilerin tek yarıktaki kırınımı açıklarken hangi ışık teorisini kullanacaklarına karar veremedikleri görülmüştür. Öğrencilerin geometrik optik ile ilgili uzun geçmişlerinin olması böyle bir sonucun nedeni olarak gösterilebilir. Bu durumda fizik öğretmenleri ve alanda araştırma

yapacak araştırmacılar, ışığın dalga ve tanecik modellerinin bir arada değerlendirilemeyecek ölçüde farklı olduğunu özellikle vurgulamalıdır.

Alan yazındaki birçok çalışmada yapılandırmacı yaklaşımın benimsendiği öğretimlerin öğrenci başarısına olumlu etkileri ortaya çıkarılmıştır (Ayas Kör, 2006; Aydın ve Balım, 2005; Şengül, 2006; Turgut, 2001). Buna ek olarak Çetin ve Günay (2007) öğretimde sosyal etkileşimi yüksek olan öğrenme etkinliklerinin kullanılmasını önermektedirler. Bu çalışmada da deney grubu yanıtlarının bilimsel olarak kabul edilebilirliği, anlatımlardaki açıklık ve zenginlik bakımından kontrol grubunun önünde olduğu göz önüne alındığında deney grubu öğretiminde yapılan etkinliklerin, grup ve sınıf tartışmalarının öğrencilerin açıklamalarını zenginleştirmek adına olumlu katkılar sağladığı görülmektedir.

Öğrenci katılımının sağlanması ve bilginin yapılandırılması işleminin tamamlanması için öğretim aşamasında öğrencinin motive olması önemlidir. Palmer (2005), Cosgrove ve Osborne (1985)' un üretken öğrenme modelinde sunulan içeriğin günlük hayatla ilişkilendirilmesi aşamasının yapılandırmacılık ve motivasyon arasındaki yakın ilişkiyi vurguladığını belirtmektedir. Gerçekten de deney grubu öğrencilerinin yeni bilgiyi başka alanlarda kullanmalarına yönlendirilmeleri ile motivasyonlarının arttığı gözlenmiştir. Bu konuda öğrencilerin ışık kaynağına mavi veya kırmızı filtrelerle baktıklarında veya tek yarık düzeneği beyaz ışıkla aydınlatıldığında yol farkı, perde üzerinde aydınlık ve karanlık saçakların dizilimi ve saçak aralıklarının değişimini başarı ile açıklayabildikleri bulunmuştur. Bu durum yeni fizik dersi öğretim programının misyonu (MEB, 2009) ile de uyum içindedir.

Palmer (2005)' ın önerdiği öğretimde motivasyonu artırıcı etkinlikler kapsamında uygulanan öğretim modelinin odaklanma aşamasında öğrencilerin dikkatleri tek yarıktaki kırınım olayında merkezi aydınlık saçığın genişliğinin diğer saçak genişlikleri ile karşılaştırılmasına çekilmiştir. Saçak genişlikleri arasında bir fark gözlenmişse bunun nedeni ile ilgili öğrenci görüşlerinin alınmasının öğrencileri derse motive edici deneyimler sunduğu belirtilmelidir. Bunun en büyük kanıtı, son görüşmelerde öğrencilerin '*Öncelikle bazı şeyleri nedenleri ile anlamamın önemini anladım*', '*Gözlemlerim farklılaştı*', '*Deneyler çok etkiledi beni. Derinlemesine öğrendik. Nedenler üzerinde durduk. Sürekli gözlerimi kısarak güneşe bakmaya başladım. Beyaz ışık renklerine ayrılıyor*' şeklinde öğretim ile ilgili ifadeleridir.

Öneriler

Öğrencilerin yapılan öğretimle motive oldukları, öğretim esnasında yapılan deneyleri sürekli olarak günlük hayata taşıdıklarını aslında bu konunun günlük hayatla ne kadar bağlantılı bir konu olduğunu fark ettiklerini belirtmelerinden anlaşılmaktadır. Bu bağlamda

öğrencilerin dersin işlenişi ile ilgili söyledikleri, fizik öğretmenleri için gerçekten de dikkate alınması gereken bir durum olup bu çalışmada tasarlanan öğretim modelinin yaşam temelli öğretim yaklaşımının benimsendiği yeni fizik programı ile uyumlu olduğu ve konuyu öğretecek öğretmenlere örnek teşkil edebileceği söylenebilir.

Kaynakça

- Ambrose, B. S., Shaffer, P. S., Steinberg, R. N. & Mc Dermott, L. C. (1999). An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference. *American Journal of Physics*, 67, 146-155.
- Anıl, D. (2009). Uluslararası öğrenci başarılarını değerlendirme programı (PISA)' nda Türkiye'deki öğrencilerin fen bilimleri başarılarını etkileyen faktörler. *Eğitim ve Bilim*, 34(152), 87-100.
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ayas Kör, S. (2006). *İlköğretim 5. sınıf öğrencilerinde “Yaşamımızdaki Elektrik” ünitesinde görülen kavram yanlışlarının giderilmesinde bütünleştirici öğrenme kuramına dayalı geliştirilen materyallerin etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, G. & Balım, A. G. (2005). Yapılandırmacı yaklaşıma göre modellendirilmiş disiplinler arası uygulama: Enerji konularının öğretimi, *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*. 38(2), 145-166.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment, *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-148.
- Brown, D. E. & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstracttransferversus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., Demirel, F. & Kılıç, E. (2011). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: PegemA Yayıncılık.
- Champagne, A. B., Gunstone, R. F. & Klopfer, L. E. (1985). Effecting changes in cognitive structures among physics students. In L. West & A. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 163-188). Orlando, FL: Academic Press.
- Colin, P. & Viennot, L. (2001). Using two models in optics: Students' difficulties and suggestions for teaching. *American Journal of Physics*, 69, 36-44.

- Cosgrove, M, & Osborne, R. (1985). Lesson frameworks for changing children's ideas. In R. Osborne & P. Freyberg (Eds.), *Learning in science: The implications of children's science* (pp. 101-111). Portsmouth, NH: Heinemann.
- Çetin, O. & Günay, Y. (2007). Fen öğretiminde yapılandırmacılık kuramının öğrencilerin başarılarına ve bilgiyi yapılandırmalarına olan etkisi, *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 32,24-38.
- Çoban, A. & Hancer, A. H. (2006). Fizik dersinin lise programları ve ÖSS soruları açısından değerlendirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(2), 431-440.
- D'Amico, J. & Gallaway, K. (2010). *Differentiated instruction for the middle school science teacher*. San Francisco: John Wiley & Sons, Inc.
- Eraslan, A. (2009). Finlandiya'nın PISA'daki başarısının nedenleri: Türkiye için alınacak dersler. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 3(2), 238-248.
- Friedl, A. E. (1986). *Teaching science to children: An integrated approach*. New York: Random House.
- Gazit, E., Yair, Y. & Chen, D. (2005). Emerging conceptual understanding of complex astronomical phenomena by using a virtual solar system. *Journal of Science Education and Technology*, 14(5-6), 459-470.
- Gilbert, J.K., Osborne, R.J. & Fensham, P.J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 64(4), 623-633.
- Hand, B. & Treagust, D. F. (1991). Student achievement and science curriculum development using a constructivist framework. *School Science and Mathematics*, 91(4), 172-176.
- Hubber, P. (2006). Year 12 students' mental models of nature of light. *Research in Science Education*, 36, 419-439.
- Kaya Şengören, S. (2006). *Optik dersi ışıkta girişim ve kırınım konularının etkinlik temelli öğretimi: İşbirlikli öğrenme yönteminin etkilerinin araştırılması*. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Kearney, M. (2004). Classroom use of multimedia supported predict–observe–explain tasks in a social constructivist learning environment. *Research in Science Education*, 34, 427-453.
- Kocakulah, A. (2006). İlköğretim 5. sınıf öğrencilerinin görüntü kavramı ve düzlem aynada görüntü oluşumu ile ilgili kavramsal anlamaları. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1), 157-173.

- Kocakulah, M. S. (2011). Grade 8 students' conceptual patterns of conservation, transformation and types of energy. *Energy Education Science and Technology Part B*, 3(1&2), 153-172.
- Kural, M. (2008). *Yapılandırmacı yaklaşımın temel alındığı ışığın dalga modeli öğretiminin öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerindeki etkisinin incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Maurines, L. (2010). Geometrical reasoning in wave situations: The case of light diffraction and coherent illumination optical imaging. *International Journal of Science Education*, 32(14), 1895-1926.
- Nussbaum, J., & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Ortaş, İ. (2009). *ÖSS sınav sonuçları ve ülkemizin bilimsel geleceği*. <http://blog.milliyet.com.tr/Blog.aspx?BlogNo=191949&rn=7M> adresinden edinilmiştir.
- Palmer, D. (2005). A motivational view of constructivist-informed teaching. *International Journal of Science Education*, 27(15), 1853-1881.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Rowell, J. A., & Dawson, C. J. (1985). Equilibration conflict and instruction: A new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education*, 4, 331-344.
- Scott, P.H., Asoko, H.M., & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop held at the University of Bremen, March 1991* (pp.310-329). Kiel: IPN.
- Smith, J. A., & Eatough, V. (2007). Interpretative phenomenological analysis. In E. Lyons ve A. Coyle (Eds.). *Analysing Qualitative Data In Psychology*. (p. 35-50). Los Angeles: SAGE Publications.
- Şengören, S. K. (2010). How do Turkish high school graduates use the wave theory of light to explain optics phenomena? *Physics Education*, 45(3), 253-263.

- Şengül, N. (2006). *Yapılandırmacılık kuramına dayalı olarak hazırlanan aktif öğretim yöntemlerinin akan elektrik konusunda öğrencilerin fen başarı ve tutumlarına etkisi*. Yüksek lisans tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (2009). *Ortaöğretim Fizik Dersi 9. ve 12. Sınıf Öğretim Programı*. Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, 04.05.2011 tarihinde <http://ttkb.meb.gov.tr/program.aspx?islem=1&kno=68> adresinden alınmıştır.
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (1998). *Mixed methodology: Combining qualitative and quantitative approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Turgut, H. (2001). *Fen bilgisi öğretiminde yapılandırmacı öğretim yaklaşımı ile modellendirilmiş etkinliklerin öğrencide kavramsal gelişime ve başarıya etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Turgut, Ü., Karaman, İ., Sönmez, E., Dilber, R., Şimşek, Ö. & Altun, S. (2006). Fizikte öğrenme güçlüklerinin saptanmasına yönelik bir çalışma. *Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13, 431-437.
- Tytler, R. (2002). Teaching for understanding in science: Student conceptions research, and changing views of learning. *Australian Science Teachers Journal*, 48, 14-21.
- Walsh, E., Dall'Alba, G., Bowden, J., Martin, E., Marton, F., Masters, G., Ramsden, P. & Stephanou, A. (1993). Physics students' understanding of relative speed: A phenomenographic study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1133-1148.
- Wosilait, K., Heron, P. R. L., Shaffer, P. S. & McDermott, L. C. (1999). Addressing student difficulties in applying a wave model to the interference and diffraction of light. *American Journal of Physics*, 67(S1), 5-15.
- Wosilait, K. (1996). *Research as a guide for the development of tutorials to improve student understanding of geometrical and physical optics*. PhD. Thesis. University of Washington, Washington.
- Wuttirom, S., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Chitaree, R. & Soankwan, C. (2009). Development and use of a conceptual survey in introductory quantum physics. *International Journal of Science Education*, 31(5), 631-654.