



Teaching for Hot Conceptual Change: An Example of Photoelectric Effect

Mehmet KURAL *

Akhisar Kayhan Ergun Professional and Technical High School, Manisa,
TURKEY

Received: 15.03.2015

Accepted: 19.09.2015

Abstract – Based on Scientific Revolution Theory- which is coined by Kuhn (1970), Theory of Conceptual Change was put forward by Posner, Strike, Hewson and Gertzog (1982) at the beginning of the 1980's, and explained the learning with Piaget's concepts such as assimilation and accommodation. Especially at the beginnings of 1990 the Theory of Conceptual Change was defined as cold conceptual change, for it solely took the cognitive factors of individuals, and for not taking the affective factors like motivation into consideration. Dole and Sinatra (1998) explains how the affective and cognitive characteristics interact each other, and they come up with the warming trend in the conceptual change. Gregoire (2003) suggests the hot trend in conceptual change by paying attention to the shortcomings in the affective characteristics in the warming trend. Although hot factors, such as motivation, are added up to the conceptual change models cumulatively in time, Kural (2015), who asserts that teaching models based on the conceptual change mostly depend on cold conceptual change, suggests a teaching model based on cognitive conflict which is back up by motivational and metacognitive strategies for hot conceptual change. This study discusses the effectiveness of the hot model, which is proposed by Kural (2015), in the conceptual change of the students for the photoelectric effect.

Key words: conceptual change, hot conceptual change, teaching for hot conceptual change, photoelectric effect.

Summary

Introduction

Influenced by Kuhn (1970)'s Scientific Revolution Theory, Posner, Strike, Hewson and Gertzog (1982) developed Conceptual Change Theory (CCT). When scientists confront any difficulty in defining new conditions in accordance with Scientific Revolution Theory, they struggled for finding new paradigms by keeping themselves away from the paradigms which

* Corresponding author: Mehmet KURAL, Dr., Akhisar Kayhan Ergun Professional and Technical High School, Manisa, TURKEY.

could not offer any solution. Once the new paradigms showed the potential of solving the problem, it is seen that the scientists began to hold onto these new paradigms by putting the old ones aside.

CCT uses Piaget's concepts of assimilation and accommodation regarding the explaining the learning process. Students try to explain a new information by applying it to their existing knowledge. This situation is called assimilation in conceptual change. However, in some circumstances the students may not be able to explain the new information with their existing conceptions successfully. In this condition, though, the students are dissatisfied with the current conceptions. If the new concepts are comprehensible, plausible and fruitful, the students change the existing concepts with the scientific ones. This type of conception is called accommodation in CCT. In 1990's, CCT started to be criticized for not taking the affective factors into consideration, but the cognitive elements solely. Since then, it has come to be called Cold Conceptual Change (Pintrich, Max & Boyle, 1993). Pintrich and others (1993) hold that since cognitive and affective factors interact with each other, to explain the conceptual change the affective factors such as motivation should be taken into account. With the labeling CCT as cold, affective factors started to be added to the conceptual change in literature. Tyson and others (1997) recommended a three dimensional model depending on ontology, epistemology and social construct of conceptual change. Alsop and Watt (1997) emphasized the affective factors such as interest, value and afford. Dole and Sinatra (1998) presented how the affective factors and the new conception characteristic interact with each other, and they introduced the warming trend for the conceptual change. Gregoire (2003) proposed, by emphasizing approach and avoidance goals and emotions like anxiety together with motivation in conceptual change, Cognitive Affective Model of Conceptual Change Model which is "hot conceptual change" in his words. The last contribution to the conceptual change on cognitive level is metacognition (Yıldız, 2008). In literature it is clearly realized that there are cumulatively developing proposed models related to conceptual change. However, there is not any recommended teaching method based on these models. It is apparent that almost all teaching methods designed for conceptual change depends on cold conceptual change. From this point of view, Kural (2015) proposed a teaching method constructed on cognitive conflict supported by motivational and metacognitive strategies for hot conceptual change. Thus in this study the influence of the teaching method, which is proposed by Kural, on student's conceptual changes towards Photoelectric Effect is discussed.

Methodology

Kural (2015) investigates the influences of the teaching model that he offers for hot conceptual change on the student's conceptual changes and their motivations and attitudes towards physics class. The author claims that the mixed pattern is used in accordance with the problem of the research.

Sample

The sample of the study consisted of 40 students who were grade 11 at an Anatolian Teacher High School of a district of Manisa in 2012/2013 academic year.

Data Collection and Analysis

Data were collected with Modern Physics Concept Test and semi-structured interviews. Content analysis method was performed to determine the concepts and relationships between these concepts. In the first step of this analysis, experts and author agreed on full answers of each question. Secondly, pre, post and post delayed test data were coded considering the agreed full answers of questions. Inter-coder reliabilities between the author and a second coder were found to be as 95 % in the pretest, 97.5 % in the post test and 92.5 % in the post delayed test responses.

Results

None of the students gave scientifically acceptable explanation in the pretest. After teaching 90% of students responded in a scientifically acceptable way. Five months after teaching in post delayed test 62% of students responded in a scientifically acceptable way. In posttest 10% of the students and in the post delayed test 30% of them responded in a scientifically unacceptable way according to modern physics. These scientifically unacceptable responses are seen gathered in two groups. In the responses in the first group it is realized that the concepts of frequency and intensity are confused. While in the responses in the second group the students who process information superficially use unacceptable statements such as "the number of the emitted electron increases if the intensity increases" by doing shortcuts for the conditions when the light is not able to emit electrons.

Conclusion and Discussion

The data, which were collected from Modern Physics Concept Test and semi – structured interviews, showed that proposed teaching model for a hot conceptual change that were recommended in this study was successful helping students for changing their concepts about Photoelectric Effect.

That in pretest the 62.5% of the group give answers based upon classical physics and 27.5% of them give answers intuitionally, while that in the posttest practiced after teaching the majority of the class such as the 90 percent of the group and that in the posttest delayed 67.5 % of students give scientifically acceptable answers reflects, on the contrary to all criticism, that CCT, which is proposed by Posner and others (1982), is how important place it occupies in explaining the conceptual change. Apart from that, there is no student who gives answers based upon classical physics or intuitionally. It is evident that the proposed model is able to convince students of the conceptual change.

Sıcak Kavramsal Değişim İçin Öğretim: Fotoelektrik Olay Örneği

Mehmet KURAL[†]

Akhisar Kayhan Ergun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Manisa - Türkiye,

Makale Gönderme Tarihi: 15.03.2015

Makale Kabul Tarihi: 19.09.2015

Özet – Kuhn (1970)'ın Bilimsel Devrim Teorisine dayanan Kavramsal Değişim Teorisi 1980'li yılların başlarında Posner, Strike, Hewson ve Gertzog (1982) tarafından öne sürülmüş ve öğrenmeyi Piaget'in özümleme ve yerleşme kavramları ile açıklamıştır. Özellikle 1990'lı yılların başlarında bireyin yalnızca bilişsel unsurlarını dikkate alan, motivasyon gibi duyuşsal unsurlarını dikkate almayan yapısı ile soğuk kavramsal değişim olarak nitelendirilmiştir. Dole ve Sinatra (1998) duyuşsal ve bilişsel karakteristiklerin nasıl etkileştiklerini açıklamış ve kavramsal değişimde ılık eğilimi öne sürmüştür. Gregoire (2003) ise, ılık eğilimde duyuşsal karakteristikler bakımından gördüğü eksikleri de dikkate alarak kavramsal değişimde sıcak eğilimi önermiştir. Kavramsal değişim modellerine motivasyon gibi sıcak unsurlar zamanla birikimli bir şekilde eklenmiş olsa da kavramsal değişime dayalı öğretim modellerinin büyük çoğunlukla soğuk kavramsal değişime dayalı olduğunu öne süren Kural (2015) sıcak kavramsal değişim için motivasyonel ve üst bilişsel stratejiler ile desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modelini önermiştir. Bu çalışma öğrencilerin fotoelektrik olay kavramlarına yönelik kavramsal değişimlerinde Kural (2015) tarafından önerilen sıcak modelin etkililiğini tartışmaktadır.

Anahtar kelimeler: kavramsal değişim, sıcak kavramsal değişim, sıcak kavramsal değişim için öğretim, fotoelektrik olay.

Giriş

Treagust ve Duit (2008), 1970'li yılların sonlarından günümüze kadar ki süreçte kavramsal değişimin fen öğrenme ve öğretme üzerine yapılan çalışmalarda ciddi rol sahibi olduğunu ifade etmektedir. Kavramsal değişimi açıklayan modellerden en göze çarpanı Posner, Strike, Hewson ve Gertzog (1982) tarafından öne sürülen Kavramsal Değişim Teorisine (KDT) dayanmaktadır. Posner ve diğerleri (1982) KDT'yi, Kuhn (1970)'ın Bilimsel Devrim Teorisine dayandırdıklarını belirtmektedir. Kuhn (1970) tarafından önerilen Bilimsel Devrim Teorisine göre, bilim adamlarının sahip oldukları paradigmalar, yeni karşılaştıkları

[†] İletişim: Mehmet KURAL, Dr., Akhisar Kayhan Ergun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Manisa, TÜRKİYE.

E-mail: mehmet_kural1@hotmail.com

fiziksel durumları açıklamakta yetersiz kalabilmektedir. Zhou (2010) böylesi durumlarda bilim adamlarının bilim yapmaktan uzaklaştıklarını, daha çok felsefeye doğru kayarak yeni bir paradigma arayışına girdiklerini belirtmektedir. Zhou (2010)'ya göre; bilim adamları, karşılaştıkları yeni durumu başarılı bir biçimde açıkladığını keşfettikleri yeni paradigmasını kullanmaya başlamakta ve böylelikle eski paradigmasını terk etmektedirler. Posner ve diğerleri (1982), Bilimsel Devrim Teorisinde sözü edilen bilim adamlarının yaşadıkları kriz ile eski paradigmasını terk ederek yeni paradigmanın savunucusu olmalarını, kavramsal değişime uyarlayarak KDT'yi kurmuştur.

Öğrenmeyi açıklama bakımından yazarlar tarafından Piaget'e dayandırılan KDT'ye göre; öğrenciler, karşılaştıkları yeni bir durumda mevcut kavramlarını kullanmaya çalışmaktadır. Bu durum yazarlar tarafından özümleme (assimilation) olarak adlandırılmaktadır. Ancak bazı durumlarda öğrencilerin mevcut kavramları yeni karşılaştıkları durumu açıklamada başarısız olur. Öğrenciler mevcut kavramlarının yeni olayı açıklayamadığını fark ederler ve bu durum onlarda bir hoşnutsuzluk hali yaratır. Öğrenciler mevcut kavramlarını değiştirmek ya da yeniden organize etme ihtiyacı hissederler. Bu durum da KDT'de yerleşme (accommodation) olarak adlandırılmaktadır. Posner ve diğerleri (1982) karşılaşılan durumu çözme noktasında yetersiz bulunan ön kavramın yüksek olasılıkla reddedileceğini, yeni kavramın ise problemi çözme potansiyeli gösterdiği durumda kabul edileme olasılığının yüksek olacağını belirtmektedir. Kavramsal değişimin gerçekleşmesi için; 1) öğrencinin mevcut kavramından hoşnutsuzluk duyması ve ortada bir aykırılık (anomaly) olduğunu fark etmesi, 2) yeni kavramın anlaşılır olması, 3) yeni kavramın akla yatkın olması, 4) yeni kavramın işe yarar olması gerekmektedir. Yeni kavram ile ilgili sözü edilen ifadelerden “anlaşılabilirlik” yeni kavramın problemi çözme potansiyelini işaret ederken, “akla yatkınlık” öğrencinin o ana kadar yapılandığı kavramları ile tutarlı olmasını, “işe yararlık” ise öğrencide yeni ufuklar açıp yeni araştırmalara özendirilme özelliğini işaret etmektedir (Hewson, 1981; Posner et al., 1982; Hewson & Hewson, 1983; Hewson & Thorley, 1989).

Özetle KDT, kavramsal değişimi yalnızca öğrencinin var olan kavramı ile ilgili hoşnutsuzluk yaşamasına ve yeni kavramın anlaşılabilirlik, akla yatkınlık ve işe yararlık özelliklerine dayandırmaktadır. Eğer yeni kavram öğrenciyi bilişsel çatışma yaşatarak mevcut kavramından hoşnutsuz hale geçirememişse ya da yeni kavramın anlaşılır, işe yarar ya da akla yatkın olarak algılanmamışsa kavramsal değişim gerçekleşmeyecektir.

KDT'nin Posner ve diğerleri (1982) tarafından önerilmesi ile birlikte kavramsal değişime yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Carey (1985), değişimden ziyade bilginin

yeniden yapılandırılmasına vurgu yaparak kavramsal değişimi açıklamış, yeniden yapılanma sürecinin ise özümleme aşamasında değil yerleşme aşamasında oluştuğunu öne sürmüştür. Düzenlemenin ise “zayıf yeniden yapılanma” ve “güçlü yeniden yapılanma” olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleşebileceğini belirtmiştir. Vosniadou ve Brewer (1987) kavramsal değişimi “zayıf yeniden yapılanma” ve “radikal yeniden yapılanma” süreçleri ile açıklamıştır. Zayıf yeniden yapılanma terimi öğrencinin var olan kavramı ile yeni kavramı ilişkilendirerek yeni bir kavram oluşturmasını işaret ederken, radikal yeniden yapılanma Posner ve diğerleri (1982) tarafından önerilen KDT’deki değişimi işaret etmektedir. Thagard (1992) kavramsal değişim sürecini Carey (1985)’ ye benzer biçimde “zayıf düzenleme” ve “güçlü düzenleme” şeklinde açıklamaktadır. Yazara göre; zayıf düzenleme mevcut kavram değiştirilmeden üzerinde bir takım küçük düzenlemeler yapılmasıdır. Güçlü düzenleme ise iki farklı süreçle sonuçlanabilmektedir. Thagard (1992) birbirleri ile ilişkili kavramlar arasında geçişler yaşanabileceğini bunun bir kuşun bir daldan diğerine atlamasına benzetilebileceğini ifade etmektedir. Ayrıca yazar, birbirinden oldukça farklı kavramlar arasında reform niteliğinde bir geçiş yaşanabileceğini bunun da kuşun ağaç değiştirmesine benzetilebileceğini öne sürmüştür. Chi, Slotta, de Leeuw (1994) öğrencilerin zihinlerindeki kavramların ontolojik temellerinin kavramsal değişimde etkili olduğunu öne sürmüştür. Yazarlara göre; öğrencinin kavramı bir ontolojik kategoriden diğerine geçtiğinde kavramsal değişim gerçekleşmektedir. Öğrencilerin yaşadıkları evrendeki varlık ya da nesnelere ilişkin kategorileri vardır. Bu kategoriler Madde (Matter), İşlemler (Processes) ve Zihinsel Durumlar (Mental States) olarak adlandırılır. Madde kategorisi kişilerin nesne ya da varlıklara yönelik "canlı - cansız, ağır - hafif, sıvı - katı" şeklindeki sınıflamalarını içermektedir. İşlemler kategorisinde ise olaylar, olgular, bağlantılar bulunmaktadır. "- den dolayı, - e sebep oldu" şeklinde kurulan bağlantılar bu kategoriye örnektir. Yazarlara göre; öğrencilerin ön kavramları madde kategorisini, bilimsel kavramlar ise işlem kategorisini işaret eder. Eğer bu iki kavram ontolojik açıdan uyumlu ise kavramsal değişim kolay oluşur. Eğer iki kavramın ontolojik temelleri uyumsuz ise işte o zaman kavramsal değişim oldukça güç bir süreçtir. Chi ve diğerleri (1994) kavramsal değişim sürecinin Thagard (1992)’ a benzer biçimde açıklamakta; özümle sürecinde kavramın ontolojik kategorisinin aynı kalacağını, düzenleme sürecinde ise kavramın ontolojik kategorisinin değişime uğrayacağını belirtmektedir. Görüldüğü gibi bu paragrafta sözü edilen çalışmalar kavramsal değişimde yalnızca *değişim* değil *düzenleme* ve *gelişim* vurgusunu da yapmaktadır. Bununla birlikte 1980’ li ve 1992’li yılların başları arasında, Posner ve diğerleri (1982) tarafından önerilen KDT’ye dayalı çalışmalar da sürmüştür (Hewson, 1981; Hewson &

Hewson, 1983; Posner et al., 1982; Hewson & Thorley, 1989). Hewson ve Hewson (1984) öğrencilerin birbiri ile çatışma potansiyeline sahip iki kavramla karşılaştıklarında ortaya çıkabilecek iki olası sonucu ortaya koymuştur. Öğrenci her iki kavramla ilgili bir bilgiye sahip değilse her iki kavramda mantıklı gelebilmekte ve böylelikle bilişsel çatışma gerçekleşmemektedir. Öğrenci iki kavramı karşılaştırıp ve onların birbiri ile çatıştıklarını düşünürse süreç kavramın birinin reddedilip diğerinin kabul edilmesi ile sonuçlanır. Öğrencinin bilişsel çatışmayı sağlayabilmesi için var olan kavramına ilişkin bir kavramsal ekolojiye sahip olması gereklidir. Hewson ve Thorley (1989)'e göre anlaşılabilirlik, akla yatkınlık ve işe yararlık özelliklerini taşıma derecesi yeni kavramın statüsünü oluşturmaktadır. Yeni kavramın statüsü daha akılcı ve akla yatkın bulunduğu eski kavramlara ait statüler terk edilmekte yerlerini yeni kavrama ait statüler almaktadır. Posner ve diğerleri (1982) tarafından önerilen KDT yaklaşımını benimseyen yazarlardan Hewson ve Hewson (1992) kavramsal değişim sürecini "statülerin değişimi" olarak tanımlamıştır. Strike ve Posner (1992) ile Hewson ve Thorley (1989) KDT'de yer alan bilişsel unsurların önemini kabul etmekle birlikte, KDT'nin kavramsal değişim modeline (KDM) bazı eklentiler yapılması gerektiğini belirtmektedir. Yazarlar, Hewson (1981), Posner ve diğerleri (1982), Hewson ve Hewson (1983), Hewson ve Hewson (1984) gibi çalışmalarda kavramsal değişim sürecinde önemi sürekli vurgulanan kavramsal ekoloji terimini açıklamak için motivasyon, amaç ve sosyal içerik gibi faktörlerin daha fazla göz önüne alınması gerektiğini ifade etmektedirler. Posner ve diğerleri (1982) KDT'nin temelde iki soruyu yanıtlama çabasının bir ürünü olduğunu belirtmektedirler. Onlara göre yanıtlanması gereken ilk soru hangi durumlarda mevcut kavramın diğeri ile değiştirilebileceğidir. İkincisi ise "yeni kavramın seçilme sürecini yöneten kavramsal ekolojinin özellikleri nelerdir?" şeklindedir. İkinci sorunun ise özellikle Hewson ve Thorley (1989) ile Strike ve Posner (2002) tarafından tartışıldığı görülmektedir.

1980' li ve 1990' lı yılların başları arasında KDT' ye dayalı öğretim modellerinin tasarlanması, öğretimde ve bunun sonucu olarak öğrencilerin kavramsal değişimlerinde etkililiklerinin incelenmesi üzerine yapılan çalışmalar alan yazındaki başka bir eğilimi oluşturmaktadır. Alan yazındaki bu çalışmalara bakıldığında temelde üç stratejiye dayandıkları görülmektedir (Scott, Asoko & Driver, 1992). (1) Çelişkili olay (Discrepant Event) (Nussbaum & Novick, 1982), (2) Fikirler arası çatışma (Conflict between ideas) (Cosgrove & Osborne, 1985; Champagne, Gunstone & Klopfer, 1985) ve (3) Fikirlerin geliştirilmesi (Development of ideas) (Brown & Clement, 1989; Niedderer, 1987) olarak gruplanabilir.

Kavramsal Değişim Teorisine Yönelik Eleştiriler

Duit ve Treagust (2003), 1982 ile 1993 yılları arasında yapılan çalışmalarda, kavramsal değişime dayalı öğretimlerin geleneksel yaklaşımların benimsendiği öğretilere göre kavramsal değişim bakımından daha başarılı olduğunu rapor etmektedirler. Birçok çalışmada kavramsal değişime dayalı yapılan öğretimlerin öğrenme üzerindeki olumlu etkileri ortaya çıkarılmıştır (Dreyfus, Jungwirth & Eliovitch, 1990; Tsai, 2001). Ancak özellikle 1993 yılından sonra araştırmacılar, KDT'ye soğuk ve klasik nitelermeleri yaparak, sınırlılıklarını tartışmaya başlamıştır.

Eleştirilerin ilki KDT'nin sadece bilişsel yapıyı dikkate alan, bireyin motivasyon gibi duyuşsal özelliklerini dikkate almayan yapısıdır (Pintrich, Marx & Boyle, 1993; Lee & Anderson, 1993; Vosniadou & Ioannides, 1998; Limon, 2001; Duit & Treagust, 2003). Pintrich ve diğerleri (1993) KDT' nin yalnız bilişsel öğelere değinmesini *soğuk kavramsal değişim* olarak adlandırmıştır. Yazarlar, kavramsal değişim süreci ile motivasyonun ilişkili kavramlar olduklarını belirterek, KDT' ye yönelttikleri eleştirinin odağına motivasyon boyutunu koymuşlardır.

KDT'ye dayanan KDM'nin ani değişim gerektiren yapısı bazı araştırmacılar tarafından klasik nitelmesi ile eleştirilmektedir (Vosniadou, 1994; Vosniadou & Ioannides, 1998). Vosniadou (1994) öğrencilerin mevcut kavramından hoşnutsuz olarak bilimsel olan yeni kavrama ani bir geçiş yapması yerine, yeni kavramın gelişimsel bir yolla öğrenilmesine vurgu yapmıştır. O'na göre kavramsal değişim, öğrencinin zihnindeki evreni açıklayan modelin aşamalı değişimidir. Clement, Brown ve Zietsman (1989) öğrencilerin zihnindeki bilimsel görüşle uyumlu kavramlarının önemini belirtmiştir. KDT' nin bu kavramları kavramsal değişimde bir fırsat olarak değerlendirmeyişi yazarlar tarafından eleştirilmektedir. Vosniadou (1994) yeni kavramın yerleşme sürecini “zenginleşme” olarak daha gelişimsel bir vurgu ile tanımlamakta ve öğrencinin yıllar boyu günlük yaşantısını açıklayan mevcut kavramını aniden değiştirmenin hiç de kolay bir iş olmadığını belirtmektedir.

Kavramsal değişime dayanan bazı çalışmalarda da öğrencilerin birçok durumda anlamlı bilişsel çatışmayı oluşturamadıkları ya da fikrinden hoşnutsuz olma durumuna geçemedikleri rapor edilmektedir (Chan, Burtis & Bereiter, 1997; Dykstra, Boyle & Monarch, 1992). Bununla birlikte bilişsel çatışmanın öğretmen için anlamlı olsa da öğrenciler için anlamlı olmayabileceğini rapor edilmektedir (Dreyfus et al., 1990; Chan et al., 1997). Scott ve diğerleri (1992)' ne göre ise öğrenci anlamlı bilişsel çatışmayı oluştursa bile bunun kavramsal değişimle sonuçlanacağı da kesin değildir. Limon (2001) öğrencilerin konunun içeriğine

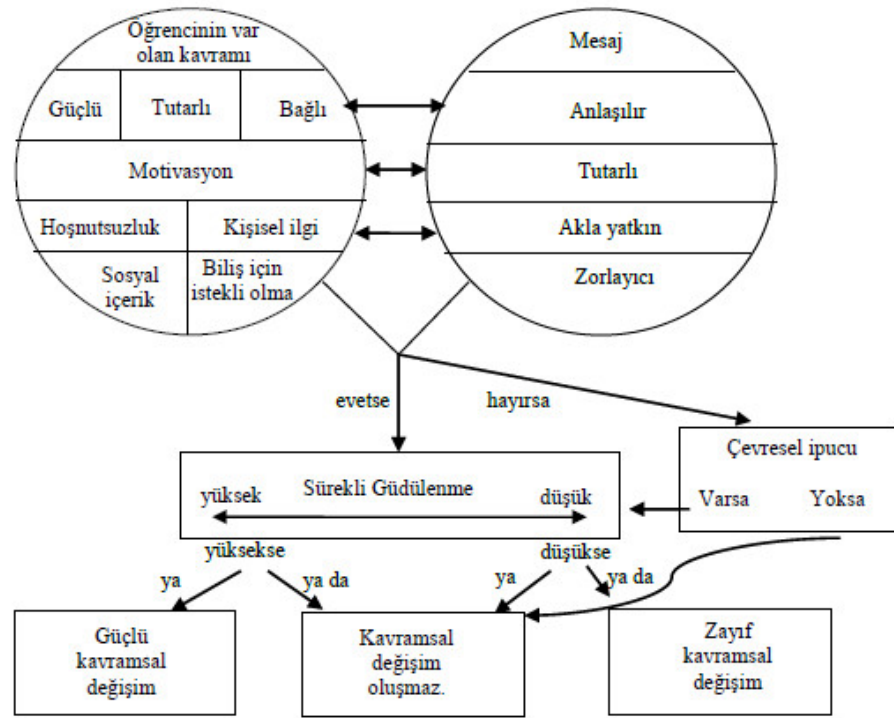
motive edilmeleri gerektiğini belirtmektedir. Bununla birlikte mevcut kavramla ilgili ekolojinin hareket geçirilmemesi durumunda öğrencinin bilişsel çatışmayı yaşayamayacağını belirtmiştir.

Araştırmayı Biçimlendiren Teorik Altyapı

KDT ve ona dayalı olan KDM' nin Pintrich ve diğerleri (1993) tarafından soğuk kavramsal değişim olarak nitelendirilmesi ile birlikte 1990'lı yılların sonları ve 2000'li yılların başlarında kavramsal değişim modellerine duyuşsal unsurların eklenmesi alan yazında yeni bir eğilim haline dönüşmüştür. Chi ve diğerleri (1994) isteme ve duyguların kavramsal değişimdeki önemini vurgulamıştır. Tyson ve diğerleri (1997), kavramsal değişim modeline yeni bileşenler eklenmesi gerektiğini belirtmiş, ontolojik, epistemolojik ve sosyal/duyuşsal boyutlardan oluşan bir kavramsal değişim modeli önermiştir. Yazarlar, kavramların aslında olması gereken kategoride değil de ontolojik açıdan yanlış bir kategoride sınıflanmış olmasının öğrencinin yeni kavramı öğrenmesini zorlaştırmakta olduğunu savunmaktadırlar. Alsop ve Watts (1997) bilişsel etkenler ile birlikte duyuşsal etkenlerin de kavramsal değişimdeki önemini belirterek geliştirdikleri modelde; bilişsel, duyuşsal, gayret ve benlik saygısı olmak üzere dört boyutlu yapı önermiştir. Araştırmacılar bilişsel alandaki boyutta Posner ve diğerleri (1982) tarafından önerilen yeni kavramın anlaşılabilirlik, akla yatkınlık, işe yararlık özelliklerine vurgu yapmaktadır. Alsop ve Watts (1997) öğrencilerin ilgilerindeki azalışın onları bilimsel bilgiye inanmaktan uzaklaştıracağını belirterek bilimsel bilginin onlar için akla yatkın gelmemeye başlayabileceğini ifade etmektedirler. Alsop ve Watts (1997) önerdikleri kavramsal değişim modelindeki diğer bir bileşen kontrol, eylem ve güven alt gruplarından oluşan gayrettir. *Gayret*, öğrencinin yeni kavramın farkına varması ve harekete geçmesi özelliklerini içeren ve bilişsel olmaktan ziyade motivasyon ile ilgili duyuşsal özelliği olan bir boyuttur. Modelde doğrudan motivasyon kavramına değinilmemekle birlikte gayret boyutunun motivasyon ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Bireyin duyuşsal özellikleri ve bunların yeni kavramın özellikleri ile nasıl etkileşeceği ayrıca kavramsal değişimi nasıl etkilediği sorusu en ciddi şekilde Dole ve Sinatra (1998) tarafından yanıtlanmıştır. Yazarlar, Pintrich ve diğerleri (1993)' ne ait çalışmayı referans göstererek Bilişsel Bilginin Yeniden Yapılanması Modelini (BBYYM) önermiş ve kavramsal değişimde ılık eğilimi başlatmıştır (Şekil 1). Bu modelde motivasyon kavramsal değişimin tamamlayıcı faktörü olarak görülmüştür. Sinatra ve Pintrich (2003)' e göre öğrenci içeriğe motive edilmezse kendi kavramı ile bilimsel olanı arasındaki ilişkiyi çözemez. Sinatra (2005)' ya göre; BBYYM, öğrencinin kavramını ne kadar güçlü savunduğunun, zihnindeki

kavramlarla ne kadar tutarlı olduğunun ve kararlılığının kavramsal değişimi etkileyeceğini belirtmektedir. Fikirlerin bağlantıları zayıf ise, kavramsal yapı ile uyumlu ve tutarlı değilse, derin kökleri yoksa kavramsal değişim olasılığı yüksektir. BBYYM sosyal içeriği ve hoşnutsuzluğu potansiyel motive ediciler olarak tanımlamıştır. Çünkü Dole ve Sinatra (1998)' ya göre öğrenci eğer motive olmamışsa başka bir akranının motive olduğunu görüp motive olabilir. Belki de hoşnutsuzluk yaşayarak kendisi de motive olabilir. Posner ve diğerleri (1982)' nin bilimsel bilgiye yönelik yeni kavram tanımı, BBYYM'de mesaj ismini almıştır. BBYYM mesajın özellikleri ile kişinin özelliklerinin ilişkisini kurmuş ve bu ilişkinin güdülenme düzeyini nasıl etkilediğini açıklamıştır.



Şekil 1 Bilişsel Bilginin Yeniden Yapılanması Modeli (Dole ve Sinatra (1998)' dan alınmıştır)

Petty ve Cacioppo (1986) tarafından önerilen Dikkat Olasılıklı Model (DOM) (Elaboration Likelihood Model), Dole ve Sinatra (1998)' nin oluşturduğu BBYYM'ye önemli katkı yapmıştır. Yine Chaiken (1980)'in önerdiği ve DOM'ye oldukça benzerlik gösteren Bilgiyi İşlemenin Sezgisel – Sistemik Modeli (BİSSM), BBYYM'nin kurgusu üzerinde önemli pay sahibidir. DOM'ye göre bilgi; merkezi rota işlemi (central route processing) ve çevresel rota işlemi (peripheral route processing) olmak üzere iki farklı şekilde işlenir. Merkezi rota işlemi mesajın derinlemesine incelenmesini, ince elenip sık dokunmasını ayrıca sunulan argümanın değerinin tanımlanmasını içermektedir. Kişi eğer mesajı güvenilir, ikna

edici ve iyi yapılanmış bulursa kendi orijinal mesajı ile çelişmesine aldırmandan yararlı bir mesaj olarak kabul edecektir. Mesaja karşı tutum değişecektir ve mesaj büyük olasılıkla kabul görecektir. Gönderici tarafından gönderilen mesaj eğer yanlış olarak algılanırsa bumerang etkisi ile karşılaşacak ve yüksek olasılıkla reddedilecektir. DOM' ye göre bilgiyi işlemenin ikinci türü çevresel rota işlemidir. Sunulan argüman veya mesajın dikkatlice test edilmesine ve öneminin kavranmasına dayanmamaktadır. Çevresel rota işlemi mesajın çevresel karakteristiklerine ya da ipuçlarına (Şekil 1) dayanır. Alınan mesajın cazibesine, kaynağın çekiciliğine, mesajın taşıdığı heyecan uyandıran sloganlara ve mesajın gönderim kalitesine dayanır. Çevresel rota işleminde zihinsel kısaltmalar, yüzeysel özetlemeler yapılır. Sunulan argüman zayıfsa, alıcılar mesajı işleme yeteneği bakımından niteliksizse, mesaj çok karmaşıkça çevresel rota işlemi özellikle kullanılır. Örneğin bir öğrenci “öğretmen her zaman haklıdır” kestirmesi ile başa çıkamadığı işlem durumundan kaçınarak kısaltma yapabilir. Öğrenci Einstein'ın popülaritesinin farkında ise Einstein'ın özel görelilik kuramına inanarak onun savunucusu olabilir. Uzmanın ya da öğretmenin bir duruma katılması, doğruluğuna inandığını gösteren davranışları, öğrencide “iyi dinlemeliyim” şeklinde fikirler doğurabilir. Bu durum Şekil 1’de çevresel ipucu olarak belirtilmektedir. Ancak çevresel ipucu varlığında kavramsal değişimin gerçekleşip gerçekleşmemesi Şekil 1’de görüldüğü gibi yine güdülenme düzeyine (motivasyona) bağlıdır.

Şekil 1’de görülen BBYYM' de, mesajın ya da yeni kavramın karakteristiklerinin tanımlandığı bölüm Posner ve diğerleri (1982)' ne dayanmaktadır. Mesajın özellikleri olarak; anlaşılabilirlik (comprehensible), akla yatkinlik (plausible), tutarlı (coherent), zorlayıcı (compelling) tanımlanmıştır. Lombardi ve Sinatra (2010)' ya göre; bu özellikleri üst düzeyde içeren mesajın kabul edilme olasılığı daha yüksektir. Dole ve Sinatra (1998) mesajın karakteristikleri ile mevcut kavramı ve kişinin duyuşsal özelliklerini ilişkilendirmiştir. Araştırmacılara göre, sürekli güdülenme kavramsal değişim için önemli bir koşuldur ancak kavramsal değişimi garanti etmez. Bununla birlikte sürekli güdülenme yoksa ya kavramsal değişim oluşmamakta ya da zayıf kavramsal değişim oluşmaktadır. Bununla birlikte öğrencide mevcut kavram ile ilgili bir ekoloji yok ve yeni kavramı anlaşılır, akla yatkin bulmamışsa bu durumda çevresel ipuçlarının varlığına bakmak gereklidir. Eğer çevresel ipucu var ise kavramsal değişim oluşabilmekte, yok ise kavramsal değişim oluşmamaktadır. Sinatra (2005)' ya göre kavramsal değişim, yansıtıcı stratejiler kullanılarak, öğrencilerin tartışmalar yapmaları sağlanarak ve yeni görüşle var olanın karşılaştırılması ile sağlanmalıdır. Bütün bu çalışmalardan sonra, daha akılcı teorinin tanıtılması ile motive edilmiş öğrencilerde kavramsal değişim daha yüksek olasılıkla gerçekleşebileceği sonucu çıkarılabilir.

Gregoire (2003), Dole ve Sinatra (1998)' nın KDM ile DOM'yi birleştirerek BBYYM'yi öne sürdüğünü ancak bu modelinin de eksiklerinin bulunduğunu belirtmiştir. Gregoire (2003), BBYYM'de çevresel ipuçlarının güdülenme düzeyine eklenebileceğinin savunulduğunu ancak çevresel ipuçlarının var olan bilişsel işleme ne derece etki yapacağı noktasının açık bırakıldığını ifade etmektedir. Yazara göre; BBYYM kavramsal değişimdeki motivasyon etkisini açıklasa da mesajı alan kişinin korku ve güven düzeylerinin reform niteliğindeki mesajın kabul görme düzeyine etkisini açıklayamamaktadır. Gregoire (2003), BBYYM'nin fikirlerdeki değişimi duyuşsal ve bilinç dışı faktörlerin nasıl etkilediğini belirgin hale getiremediğini belirtmiştir.

Fazio (1986), tutum değişimi ve davranış arasındaki etkileşimi incelemiş ve bu yönü ile Gregoire (2003)'e kaynaklık etmiştir. Davranışın otomatik ve yapılanmacı doğasından bahsettiği modelinde bir kişinin bir olayı nasıl yorumladığının üzerindeki “olayın otomatik değerlendirilmesinin” rolünün altını çizmiştir. Örneğin bir kişinin futbola karşı tutumu uzatmalarda oynanan oyunun pozitif ve negatif sonuçlarını yorumlamasında etkilidir. Ayrıca Fazio (1986)' ya göre, birinin yorumları aynı olaya dair başka yorumlardan etkilenebilir. Bir kadın, kocasının taraftarı olduğu takımın oyunu uzatmalarda kazanması sonucunda uzatma zamanlarına sıcak bakabilmektedir. Gregoire (2003), Fazio (1986)'dan etkilenecek Kavramsal Değişimin Bilişsel Duyuşsal Modelini (KDBDM) kurmuş ve modelini sıcak kavramsal değişim olarak tanımlamıştır. Yazar, sıcaklığı yükselten noktaları da özellikle çevresel ipuçlarının kavramsal değişim üzerindeki etkisini açıklamış olmasına bağlamaktadır. Ayrıca kavramsal değişim üzerinde kaygı (anxiety) gibi duyuşsal özellikleri dikkate alması bakımından ılıktan sığa doğru geçiş sağlandığı belirtilmektedir. KDBDM sistematik işlemin kavramsal değişimde oynadığı önemli rolü vurgulamaktadır. Ayrıca KDBDM, Gregoire (2003)'in çalışmasına katılan öğretmen grubunun reform niteliğindeki mesajla karşılaştıklarında ona karşı gösterdikleri tutumun kavramsal değişimlerini etkilediğini öne sürmektedir. Bununla birlikte KDBDM yeterlik inançlarının, motivasyonun bilişsel işlemleri etkileyeceğini ve kavramsal değişimi etkileyeceğini belirtmektedir.

Tyson ve diğerleri (1997) ile Alsop ve Watts (1997) önerdikleri kavramsal değişim modellerinde ilgi, önem, gayret gibi duyuşsal unsurları dikkate almaktadır. Dole ve Sinatra (1998) motivasyonun kavramsal değişimdeki etkisini göstererek ılık kavramsal değişimi (BBYYM), Gregoire (2003), motivasyonla birlikte kişinin reform mesaj ile karşılaştığında hissettiği kaygı ya da cesaret gibi duyguların kavramsal değişimi nasıl etkilediğini de belirterek sıcak kavramsal değişimi (KDBDM) önermiştir. Alsop ve Watts (1997)'a ait

kavramsal değişim modelinde yer alan *gayret* boyutundaki *kontrol* alt boyutu "öğrencinin yeni kavramın özelliklerini fark etmesi" şeklinde tanımlanmakta ve üst bilişin izlerini taşımaktadır. Bu noktadan hareket eden Yıldız (2008) yaptığı araştırmada kavramsal değişim üzerine üst bilişin olumlu etkisini göstermiş, Alsop ve Watts (1997)'a ait modele üst bilişi ekleyerek kavramsal değişime biliş düzeyinde en yeni katkıyı yapmıştır.

Problem

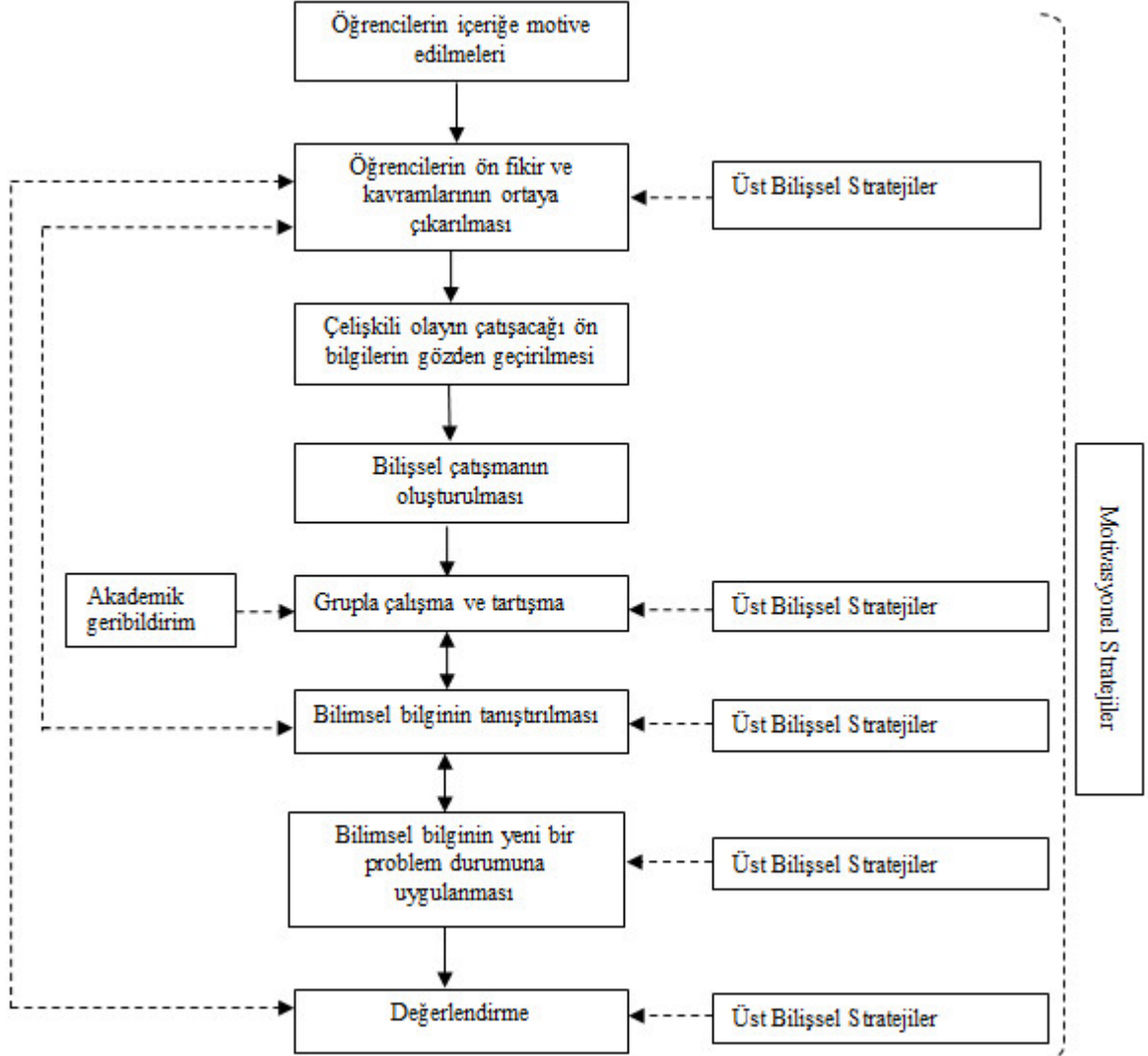
Posner ve diğerleri (1982) tarafından geliştirilen kavramsal değişim modeli (KDM), Pintrich ve diğerleri (1993)'nin çalışmaları sonrasında Tyson ve diğerleri (1997), Alsop ve Watts (1997) tarafından hazırlanan duyuşsal unsurları da dikkate alan ılık eğilimli kavramsal değişim modelleri, sonrasında ılık kavramsal değişimi başlatan BBYYM (Dole & Sinatra, 1998) ve Gregoire (2003) tarafından geliştirilen sıcak kavramsal değişime dayalı KDBDM şeklinde özetlenebilecek kavramsal değişim tarihi dikkate alındığında "Nasıl öğreteceğiz?" sorusunun yanıtlanması bakımından duyulan ihtiyaç baskın bir biçimde kendisini göstermektedir.

Posner ve diğerleri (1982) tarafından KDT' nin önerilmesi ile birlikte teorinin sınıf içinde nasıl uygulanacağı birçok araştırmacı tarafından tartışılmış, KDT' ye dayanan birçok öğretim modeli *soğuk* olarak geliştirilmiştir (Nussbaum & Novick, 1982; Brown & Clement, 1989; Champagne, Gunstone & Klopfer, 1985). Nasıl öğreteceğimizi gösteren bir öğretim modeli, nasıl motive edeceğimizi de gösterebilir mi? Bununla birlikte alan yazında sıcak kavramsal değişime dayalı olarak önerilmiş öğretim modellerinin sayısı yok denecek kadar azdır. Kavramsal değişim modeline Yıldız (2008) tarafından eklenen üst biliş, kavramsal değişime dayalı bir öğretime nasıl eklenebilir? Tüm bu soruların yanıtlanması amacı ile Kural (2015) yaptığı çalışmada *sıcak kavramsal değişim için motivasyonel ve üst bilişsel stratejiler ile desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modelini* önermiştir. Bu çalışma ise, Kural (2015) tarafından önerilen modele dayalı olarak tasarlanan öğretimin, öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal değişimleri üzerindeki etkisini tartışmaktadır.

Sıcak Kavramsal Değişim İçin Yeni Bir Öğretim Modeli

Kural (2015) tarafından geliştirilen ve Şekil 2' de görülen motivasyonel ve üst bilişsel stratejilerle desteklenmiş bilişsel çatışmaya dayalı öğretim modeli teorik çatı bakımından Posner ve diğerleri (1982), Dole ve Sinatra (1998) ile Gregoire (2003)'ye dayanmaktadır. Öğretim modelindeki sıcaklığı yükselten katkılar ise Pintrich ve diğerleri (1993) tarafından yapılan çalışmanın izlerini taşıyan ve Dole ve Sinatra (1998) ile Gregoire (2003) tarafından önerilen kavramsal değişimde ılık ve sıcak eğilimin mirasıdır. Bununla birlikte kavramsal

değişimde üst bilişin yeterince belirgin bir vurguya sahip olmadığını belirterek üst biliş dayalı kavramsal değişim modelini öneren Yıldız (2008) bu çalışmada önerilen öğretim modeline kaynaklık etmiştir. Kural (2015) öğretim modelinin aşamalarının belirlenmesi noktalarında ise She (2002) ve Zhou (2010) kavramsal değişimde motivasyonu dikkate alan çalışmalardan etkilendiğini ifade etmektedir.



Şekil 2 Sıcak Kavramsal Değişim İçin Motivasyonel Ve Üst Bilişsel Stratejilerle Desteklenmiş Bilişsel Çatışmaya Dayalı Öğretim Modeli.

Şekil 2’de görüldüğü gibi motivasyonel stratejiler modeldeki bütün aşamalarda kullanılmaktadır. Zhou (2010) tartışma (argumentation) yöntemini kullanarak motivasyonun artırılabilceğini, böylelikle kavramsal değişimin daha üst düzeyde sağlanabileceğini belirtmektedir. Yazarın önerisi, bu araştırmada önerilen modelde motivasyonel strateji olarak yerini almıştır. Motivasyon, öz yeterlik inançları ile ilişkili bir kavramdır. (Pintrich & Schunk, 1996; Pintrich, 2003; Tuan, Chin & Shieh, 2005). Bununla birlikte öz yeterlik inançları da üst

biliş ile ilişkili olduğundan, motivasyonun üst bilişle ilişkili bir yapı olduğu söylenebilir (Pintrich, 2002). Bu noktadan hareketle Kural (2015) önerdiği öğretim modelinde üst bilişi dikkate alarak fen öğretiminde sıcaklığı daha da yükselttiğini iddia etmektedir. Modeldeki üst bilişsel stratejiler Yıldız (2008)' in çalışmasına dayanmaktadır. Üst bilişsel stratejiler bilişin bilgisi ve bilişin düzenlenmesi boyutlarında kullanılmıştır. Yazar, öğretim öncesinde öğrencilere üst biliş eğitimi verildiğini ve onlarla uzlaşıya varıldığını ifade etmektedir. Bilişin bilgisi boyutunda öğrenciler açıklamalarını yaparken ifadelerinin neden anlaşılır, neden akla yatkın olduğunu da belirtmek durumundadır. Bununla birlikte bilimsel bilginin tanıştırıldığı aşamada yeni öğrenilen bilgi ya da kavramın neden işe yarar olduğu da tartışılmaktadır. Bilişin düzenlenmesi boyutundaki stratejilere “sunulan materyalin anladım mı?”, “öğretim süresinde performansım nasıldı”, “bu işten alnımın akı ile çıktım mı?” şeklindeki soruların öğrenciler tarafından tartışılması örnek olarak gösterilebilir.

Yöntem

Kural (2015) sıcak kavramsal değişim için önerdiğini öğretim modelinin, öğrencilerin kavramsal değişimleri, fizik dersine yönelik motivasyon ve tutumları üzerindeki etkisini incelemiştir. Yazar, araştırmanın problemi doğrultusunda karma desenin kullanıldığını ifade etmektedir. Creswell (2013)' e göre eğitim araştırmalarında farklı yaklaşımlardan gelmekte olan nitel ve nicel yöntemlerin birleştirilerek kullanılması yükselen bir değer haline gelmektedir. Ayrıca Creswell (2008)' e göre nitel ve nicel araştırma yöntemlerinin karma yöntem olarak bir arada kullanılması, araştırma sorularının yanıtlanması noktasında bu yöntemlerin ayrı kullanıldığı duruma göre daha başarılıdır. Creswell (2008) eğitim araştırmalarında kullanılan karma desenleri gömülü, açıklayıcı, paralel, keşfedici olmak üzere dört grupta toplamıştır. Bunlardan gömülü (embedded) karma desende nicel ve nitel veriler eş zamanlı toplanır. Bununla birlikte bu iki veri türünden biri diğerini destekler niteliktedir (Büyüköztürk, Akgün, Karadeniz, Demirel ve Kılıç, 2013). Kural (2015)' a ait çalışmada nitel araştırma deseni odak alınmış, nitel veriler toplanırken bu verileri desteklemek amacıyla nicel veriler toplanarak karma desenlerden gömülü desen kullanılmıştır.

Çalışmada önerilen öğretim modelinin öğrencilere kavramsal değişim noktasında yardımcı olup olmadığı test edileceğinden, öğrenci gruplarının karşılaştırılmasından uzak durulmuş, böylelikle nicel bölüm için ön - son test tek gruplu desen kullanılmasına karar verilmiştir (Karasar, 2002). Bununla birlikte, örnekleme yer alan bireylerin incelenen kavramlara hangi anlamlar yüklediklerine odaklanarak nitel tanımlamalar verilmeye

çalışılmıştır. Bu tanımlamalar, ortaya çıkarılan öğrenci kavramları arasındaki ilişkiyi içerecek şekilde sıralanmış ve kategoriler halinde düzenlenmiş olduğundan, çalışmanın bu haliyle fenomenolojik nitel araştırma desenine (Marton, 1986; Smith & Eatough, 2007) sahip olduğu söylenebilir.

Bu çalışma ise Kural (2015)' in çalışmasında önerilen öğretim modelinin öğrencilerin modern fizik konularından olan fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal değişimleri üzerindeki etkisini tartışmaktadır.

Örnekleme

Araştırmanın örnekleme, nitel araştırmalarda kullanılan örnekleme türlerinden biri olan kolay ulaşılabilir durum örneklemesine göre belirlenmiştir (Patton, 1987). Hız ve kolaylık sağlamakta olan kolay ulaşılabilir durum örneklemesinde araştırmacı kendisine yakın olan ve kolaylıkla ulaşabileceği durumu seçebilmektedir. Ancak bu örnekleme türünün evreni temsil etme gücünün zayıf olduğu belirtilmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2000). Bu sınırlılığı bir ölçüde üstesinden gelebilmek için, örneklemin belirlenmesinde Türkiye'de eğitim veren ortaöğretim kurumlarının birçoğu için orta düzeyde olduğu iddia edilebilecek bir kurumun seçilmesine özen gösterilmiştir. Araştırmanın gerçekleştirildiği ortaöğretim kurumu 2013-2014 Temel Eğitimden Ortaöğretime Geçiş Sınavında (TEOG) Milli Eğitim Bakanlığı resmi internet sitesindeki verilere göre 406,76 taban puanı ile öğrenci almıştır. Bu sınavdan en yüksek 500 puan alınabilmektedir.

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

Veri Toplama

Kural (2015), öğrencilerin Modern Fizik kavramlarına yönelik kavramsal değişimlerini incelemek amacıyla Modern Fizik Kavram Testini (MFKT) kullanmıştır. MFKT öğretim öncesinde öğrencilerin modern fizik kavramlarıyla ilgili sahip olduğu fikirlerin belirlenmesi için ön test olarak, öğretim sonrasında öğrencilerin fikirlerindeki değişimin ortaya çıkarılması için son test olarak uygulanmıştır. Ayrıca öğretimin yapılmasından beş ay sonra öğrencilerin kavramsal değişimlerinin ne kadar güçlü olduğunu ve buna bağlı olarak bilgilerinin ne kadar kalıcı olduğunu ortaya çıkarmak amacı ile gecikmiş son test olarak bir kez daha uygulanmıştır.

MFKT, alan yazından doğrudan seçilen, alan yazından uyarlanarak seçilen ve doğrudan araştırmacı tarafından hazırlanan 11 adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Ölçeğin geçerliliği Milli Eğitim Bakanlığı Ortaöğretim 11. Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programına dayalı olarak hazırlanan kavram haritası ve uzman görüşü ile sağlanmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte ölçeğin deneme çalışması yapılmış, ifadelerin daha açık ve şekillerin daha anlamlı olması için bazı değişiklikler ile ölçeğe son hali verilmiştir. Ön ve son test olarak uygulanan MFKT’deki fotoelektrik olay ile ilgili birinci soru Şekil 3’te görülmektedir. Soru Steinberg ve Oberem (2000) tarafından yapılan çalışmadan kısaltılarak alınmıştır.

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

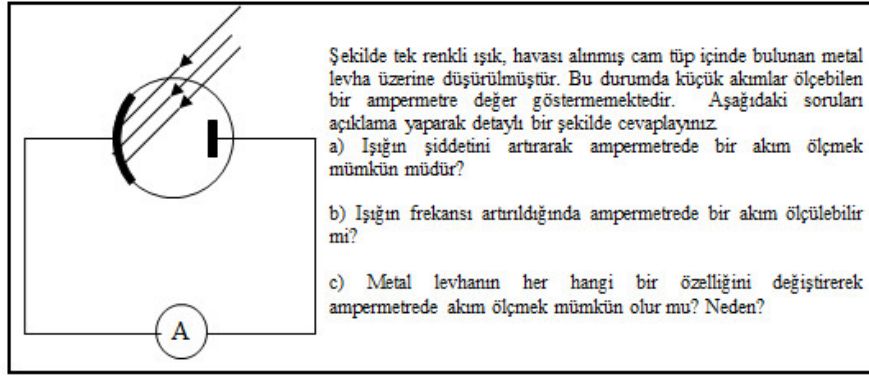
a) Işığın şiddetini artırarak elektroskoptaki yük miktarını değiştirmek mümkün müdür? Yanıtınızı açıklayınız.

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

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

Şekil 3 MFKT’deki Fotoelektrik Olay İle İlgili Birinci Soru

Öğretimden beş ay gibi uzun bir süre sonra uygulanan gecikmiş son testte kullanılan MFKT’de değişikliğe gidilmiş, sorulardan bazıları aynı kazanımı ölçecek şekilde değişik bir fiziksel durumda sorulmuştur. Yanıtların ezberden hatırlanması durumunun önüne geçebilmek ayrıca öğrencilerin yeni kavramlarını başka durumlara ne derece uygulayabildiklerini görmek amacı ile MFKT’de değişikliğe gidilmesine karar verilmiştir. Gecikmiş son test olarak uygulanan MFKT’deki fotoelektrik olay ile ilgili birinci soru Şekil 4’te görülmektedir.



Şekil 4 Gecikmiş Son Testte Uygulanan MFKT' deki Fotoelektrik Olay İle İlgili Birinci Soru

MFKT' den elde edilen verileri desteklemek ve öğrencilerin kavramsal değişimlerini daha derinlemesine inceleyebilmek amacı ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Öğretim öncesinde, öğretim sonrasında ve öğretimden bey ay süre sonra şubelerin her birinden 7 öğrenci olmak üzere toplam 14 öğrenci ile görüşme yapılmıştır. Görüşmelerde kullanılan formların deneme çalışmaları örnekleme ilişkisiz öğrenciler ile gerçekleştirilmiştir. Ön ve gecikmiş son görüşmeler MFKT' deki sorular üzerinden, son görüşmeler ise görüşme formu için MFKT' de yer alan sorulara paralellik gösteren sorular (Şekil 5) üzerinden yürütülmüştür. Görüşmelerde öğrencilerin motivasyon ve tutum düzeylerine yönelik sorular da bulunmaktadır ancak belirtilen sorular bu çalışmanın konusu dışındadır. Ön, son ve gecikmiş son görüşmelerin tümü 30 – 45 dakika süreler arasında tamamlanmıştır.

Veri Analizi

MFKT' den elde edilen tüm kategoriler öğrencilerin verdikleri yanıtlardan elde edilmiştir. Analiz sırasında öncelikle araştırmacı ve ikincil araştırmacı bir araya gelerek tam doğru yanıtlarını karşılaştırmışlar ve her bir sorunun tam doğru yanıtına ait ifadeye son şeklini vermişlerdir. Öğrencilerin yanıtlarının tek tek incelenmesinin ardından tam doğru yanıt veren öğrencilerin numaraları “tam doğru yanıt” kategorisine yazılmıştır. Öğrenci yanıtlarından doğru olmakla birlikte bir yönüyle tam yanıttan daha az açıklama içerenler ise “kısmi yanıt” kategorisi altında gruplandırılmıştır. Tam yanıt ve kısmi yanıt kategorileri “bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar” üst kategori başlığı altında toplanmıştır.

Bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar haricindeki diğer kodlanabilir yanıtlar ise “bilimsel olarak kabul edilemez” başlığı altında toplanmıştır. Soru ile ilgili açık olmayan veya konu ile ilgisiz ifadeler içeren öğrenci yanıtları kodlanamaz yanıtlar kategorisinde

toplanmıştır. Herhangi bir açıklama içermeyen yanıtlar ise, “yanıtsız” kategorisine dâhil edilmiştir. Analiz mantığının belirlenmesinde Kocakulah (2002) tarafından yapılan çalışmadan yararlanılmıştır. Analizin güvenilirliği için araştırmacı ve ikincil araştırmacının kodlamaları arasındaki tutarlık yüzdesine bakılmış ve bu yüzdelere ön test için %95, son test için %97,5 ve gecikmiş son test için %92,5 olarak hesaplanmıştır. Öğrencilerin kavramsal değişimlerini derinlemesine inceleyebilmek amacı ile yapılan görüşmelere ait kayıtlardan doğrudan alıntılar yapılarak, MFKT’ den elde edilen veriler desteklenmeye çalışılmıştır.

Bulgular

Şekil 3’ te görülen birinci soruya verilen yanıtların tam doğru olarak kodlanması için (a) bölümünde ışığın şiddetinin artmasının elektron koparmaya neden olmayacağı böylelikle elektroskobun yükünün değişmeyeceğinin belirtilmesi gerekmektedir. Öğrencilerden, sorunun (b) bölümünde frekansın artmasının foton enerjisini artıracığı bu nedenle fotoelektrik olayın gerçekleşeceği ve elektroskobun yükünün değişeceği yönünde yanıtlar beklenmektedir. Öğrencilerin (c) bölümündeki açıklamalarının tam doğru kabul edilebilmesi için metalin cinsinin değiştirilmesinin, bağlanma enerjisini değiştirerek fotoelektrik olaya neden olabileceğini belirtmeleri gerekmektedir. Öğrencilerin ön, son ve gecikmiş son uygulamalarında MFKT’ deki birinci soruya verdikleri yanıtların analiz edilmesi ile oluşturulan Tablo 1 aşağıda aktarılmıştır.

Tablo 1’ e bakıldığında öğretim öncesinde uygulanan ön testte soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Ön testte (a), (b) ve (c) bölümlerinin her üçüne de öğrencilerin %7,5’ i modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrencilerin 11. Sınıf Kimya Dersi Atomun Yapısı Ünitesinde ışığın tanecik ve dalga özelliğine kanıt gösterilebilecek olayları öğrendikleri ve o öğretimden hatırladıkları ile soruya yanıt verdikleri kendileri ile yapılan ön görüşmelerde ortaya çıkarılmıştır. Ön testte (a), (b) ve (c) bölümlerine öğrencilerin sırasıyla %62,5’ i, %60’ ı ve %62,5’ i klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin modern fiziğe dayalı kavramlara sahip olmadıklarından dolayı o ana kadar zihinlerinde güçlü ve derin kökler salmış klasik fiziğe dayalı kavram ya da modelleri ile soruyu yanıtlamaya çalıştıkları anlaşılmıştır. Ön testte (a), (b) ve (c) bölümlerinin her üçüne öğrencilerin % 27,5’ i sezgisel yanıtlar vermiştir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin klasik ya da modern fiziğe dayalı kavramlarını kullanmadan tahminleri ile soruyu yanıtlamaya çalıştıkları görülmüştür.

Tablo 1 Fotoelektrik Olay İle İlgili Sorunun Bölümlerine İlişkin Analiz Sonuçları

YANIT TÜRLERİ	ÇALIŞMA GRUBU								
	Ön Test n (%)			Son Test n (%)			Gecikmiş Son Test n (%)		
	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)
A. Bilimsel Olarak Kabul Edilebilir Yanıtlar									
1. Tam Doğru Yanıt	0	0	0	29 (72,5)	30 (75,0)	27 (67,5)	23 (57,5)	25 (62,5)	28 (70,0)
2. Kısmen Doğru Yanıtlar	0	0	0	6 (15,0)	7 (17,5)	7 (17,5)	5 (12,5)	5 (12,5)	5 (12,5)
Ara Toplam 1	0	0	0	35 (87,5)	37 (92,5)	34 (85,0)	28 (70,0)	30 (75,0)	33 (82,5)
B. Bilimsel Olarak Kabul Edilemez Yanıtlar									
1. Modern Fiziğe Dayalı Yanıtlar	3 (7,5)	3 (7,5)	3 (7,5)	4 (10,0)	2 (5,0)	3 (7,5)	11 (27,5)	6 (15,0)	5 (12,5)
2. Klasik Fiziğe Dayalı Yanıtlar	25 (62,5)	24 (60,0)	25 (62,5)	0	0	0	0	0	0
3. Sezgisel Yanıtlar	11 (27,5)	11 (27,5)	11 (27,5)	0	0	0	0	0	0
Ara Toplam 2	39 (97,5)	38 (95,0)	39 (97,5)	4 (10,0)	2 (5,0)	3 (7,5)	11 (27,5)	6 (15,0)	5 (12,5)
C. Kodlanamaz Yanıtlar	0	1 (2,5)	0	0	1 (2,5)	0	1 (2,5)	2 (5,0)	1 (2,5)
D. Yanıtsız	1 (2,5)	1 (2,5)	1 (2,5)	1 (2,5)	0	3 (7,5)	0	2 (5,0)	1 (2,5)
TOPLAM	40 (100)	40 (100)	40 (100)	40 (100)	40 (100)	40 (100)	40 (100)	40 (100)	40 (100)

Son teste sorunun (a) bölümüne öğrencilerin %72,5' i tam, %15' i kısmen doğru olmak üzere toplam %87,5' inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt verdikleri görülmektedir. Sorunun (b) bölümüne öğrencilerin %75'i tam, %17,5' i kısmen doğru olmak üzere toplam %92,5' inin, sorunun (c) bölümüne ise %67,5'i tam, %17,5' i kısmen doğru olmak üzere toplam %85' inin bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmektedir. Gecikmiş son testte fotoelektrik olay ile ilgili değiştirilerek sorulan ve Şekil 4' de görülen sorunun (a), (b) ve (c) bölümlerine öğrencilerin sırasıyla %70' i, %75' i ve %82'5' i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Öğrencilerin; şiddet, frekans ve bağlanma enerjisi kavramlarının fotoelektrik olay üzerindeki etkisi noktasındaki görüşlerinin bilimsel görüşe doğru değişimi bakımından uygulanan öğretimin oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Gecikmiş son test sonuçları öğrencilerin öğrenmelerinin kalıcı olduğunu böylelikle kavramsal değişimin güçlü olarak yaşandığını da göstermektedir.

Sorudaki üç bölümün ayrı analiz edilmesi şiddet, frekans ve bağlanma enerjisi kavramlarının fotoelektrik olay üzerindeki etkisi konusundaki kavramsal değişimi ortaya koymaktadır. Bölümlerin ayrı analizi, yapılan öğretimin öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal değişimlerini inceleme noktasında zayıf kalmaktadır. Örneğin öğrenci D7, son testte (a) ve (b) bölümlerine tam doğru yanıt verirken, (c) bölümüne kısmen doğru yanıt vermiştir. Öğrencinin fotoelektrik olaya ilişkin yanıtının kısmen doğru olarak kodlanması gerekmektedir. Bu nedenle öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal değişimlerinin incelenmesi için bölümler bütüncül olarak analiz edilmiştir (Tablo 2). Öğrencilerin yanıtları, her üç bölümde yaptıkları açıklamalar tam doğru olduğunda bilimsel olarak tam doğru kabul edilmiştir. Sorudaki üç bölüme verilen yanıtlardan herhangi biri ya da daha fazlasının kabul edilemez türden ifadeleri ya da kavram yanlışlarını içerdiği durumda, öğrencilerin bu yanıtları bütünüyle bilimsel olarak kabul edilemez olarak kodlanmıştır.

Tablo 2 MFKT'deki Fotoelektrik Olay İle İlgili Birinci Sorunun Analizi

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

Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Ön testte fotoelektrik olay ile ilgili soruya bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Ön testte öğrencilerin ancak %7,5' inin modern fiziğe dayalı

bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt verdikleri görülmüştür. Modern fiziğe dayalı kabul edilemeyen yanıtlar veren öğrencilerin verdikleri yanıtlar kategorinin özelliğini ortaya koyması açısından aşağıda örneklenmiştir. Öğrencilerin yanıtlarındaki tüm ifadelerden ziyade kategorinin özelliğini gösteren önemli bölümleri aktarılmıştır.

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

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

Yanıtlarından görüldüğü gibi öğrenciler ışığın elektron koparması fikrine sahiptir ancak verdikleri yanıtlar bilimsel olarak kabul edilemez durumdadır. Öğrencilerin ışığın frekansı ve şiddeti bakımından doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmektedir. Öğrencilerden D2 ile yapılan ön görüşmeye ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.

Araştırmacı: İlk soru için fikirlerini yeniden dinleyebilir miyim?

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

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

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

Araştırmacı: Şu an başlangıçta elektron kopuyor mu?

D2: Evet.

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

D2: Fotonların elektronları koparmasıdır.

Araştırmacı: Işığın frekansını artırarak elektroskopun yükünü değiştirmek mümkün müdür?

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

Araştırmacı: Frekans azaltılırsa ne olur?

D2: Daha az elektron koparır.

Araştırmacı: Bahsettiğin elektron kopması nasıl gerçekleşiyor?

D2: Fotonun enerjisinden metaldeki elektronları etkiliyor olabilir.

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

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

Öğrenci D2 ile öğretim öncesinde yapılan görüşme diyalogları öğrencinin ışığın elektron koparması fikrine sahip olduğunu göstermiştir. Ancak öğrenci şiddetin artması ile ışığın elektron koparma gücünün artacağı, frekans artırıldığında daha fazla elektron kopacağı ayrıca tüm ışıkların elektron koparabileceği yönünde fikirlere sahiptir. Fikirleri modern fiziğe dayanmaktadır ancak modern fiziğe ait kavramların anlaşılmadan kullanılması söz konusu olduğundan bilimsel olarak kabul edilemez türdendir.

Ön testte öğrencilerinin %62,5'i klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermişlerdir. Öğrencilerin verdikleri yanıtların kategorinin özelliğini yansıtan önemli bölümleri aşağıda aktarılmıştır.

D3: Işık yüksüzdür. O nedenle şiddeti ya da frekansı elektroskopun yüküne etki etmez.

D4: Işık nötr haldedir. Bu nedenle ışık şiddeti ne kadar artarsa artsın yapraklarda değişiklik olmaz. Işığın frekansının artması da metal levhaya çarpan ışınların sayısını artırır. Yük miktarını etkilemez.

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

D22: Işığın elektronlardan oluştuğunu düşünüyorum.

D23: Işıktan gelen elektronlar yük miktarını değiştirirler.

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

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

D36: Işık yüksüz olduğundan yükleri etkilemez.

Ön testte klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrencilerden D23 ile yapılan ön görüşme diyalogları aşağıda aktarılmıştır.

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

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

Araştırmacı: Işığın tanecikleri olduğunu söyledin. Nedir bunlar?

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

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

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

Araştırmacı: Frekansın artması ne demektir?

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

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

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

Görüşme diyalogları, öğrencinin ışığın eksi yüklerden oluştuğu şeklinde fikirlere sahip olduğunu göstermektedir. Öğrenci foton kavramından haberdar olsa da elektroskopun yükünün ancak başka bir yükü değiştirilebileceğine ilişkin görüşleri tamamen klasik fiziğe dayanmaktadır. Ön testte öğrencilerinin %27,5'i sezgisel yanıtlar vermişlerdir. Bu öğrencilerin klasik ya da modern fiziğe dayalı olmayan daha çok tahminlerine dayanan yanıtlar verdikleri görülmüştür. Öğrencilerin verdiği yanıtlar aşağıda örneklenmiştir.

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

D18: Işığın frekansı artırılarak elektroskoptaki yük miktarı artırılabilir.

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

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

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

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

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

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

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

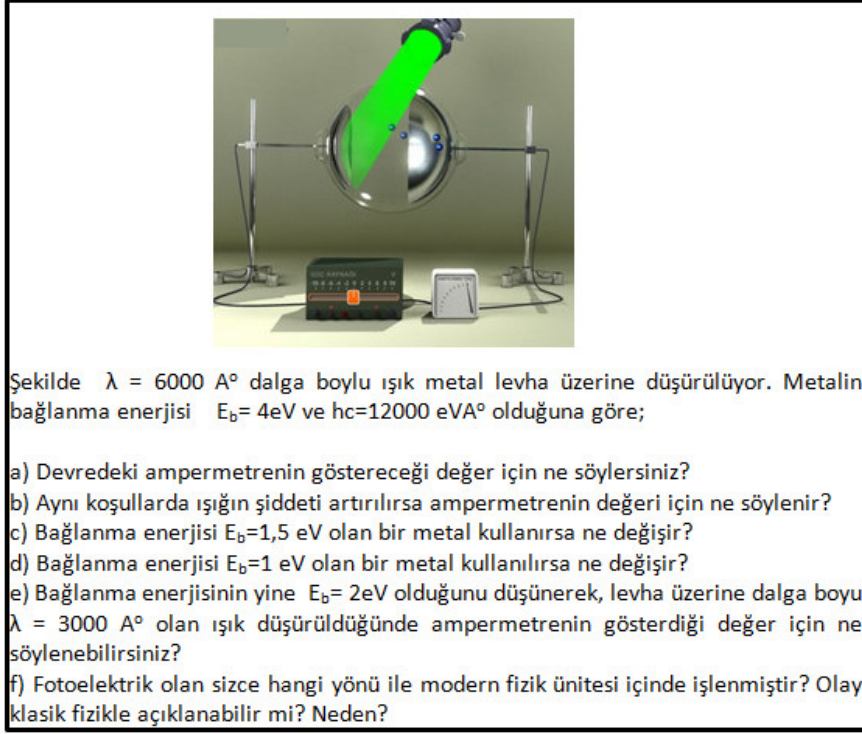
Araştırmacı: Cevabında elektroskop yüksüz hale gelebilir demişsin. Bu durumda bir çelişki oluşuyor.

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

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

Son Testten Elde Edilen Bulgular

Tablo 2'de görüldüğü gibi son testte öğrencilerin %52,5'i soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerden biri ile Şekil 5' te görülen soru ile yapılan son görüşmenin bir bölümüne ait diyaloglar aşağıda aktarılmıştır.



Şekil 5 Son Görüşmelerde Sorulan Fotoelektrik Olay İle İlgili Soru

Araştırmacı: Soruyu okuyup yanıtlayalım.

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

Araştırmacı: b bölümüne bakalım.

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

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

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

Öğrenci D2 ön testte kısmen doğru, ön görüşmede ise modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Öğrenci son test ve görüşmede bilimsel olarak tam doğru yanıt vererek öğretimden olumlu etkilendiğini ve kavramsal değişimi yaşadığını göstermiştir.

Ön testte klasik fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrenci D23 son testte bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Öğrenci ile yapılan son görüşme diyaloglarının bir bölümü aşağıda aktarılmıştır.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Araştırmacı: Akım oluşmaz diyorsun.

D12: Evet akım oluşmaz.

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

D12: Bağlanma enerjisi 1,5 eV olursa, 0,5 eV enerjili bir akım oluşur.

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

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

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

Öğrenci D12 testte kısmen doğru yanıt vermiş olsa da görüşme diyalogları kendisinin kavramsal değişimi güçlü olarak yaşadığını göstermektedir.

Son testte öğrencilerinin %10'u modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin kategorinin özelliğini gösteren önemli ifadeleri aşağıda örneklenmiştir.

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

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

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

Öğrenciler modern fizik kavramlarını kullanmaktadırlar ancak fotoelektrik olaya ilişkin doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmektedir.

Gecikmiş Son Testten Elde Edilen Bulgular

Gecikmiş son testte öğrencilerinin %50' si fotoelektrik olay ilgili soruya bilimsel olarak tam doğru yanıt vermiştir. Tam doğru yanıt veren öğrencilerle yapılan gecikmiş son görüşmeler testteki sorular üzerinden yürütülmüştür.

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

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

Araştırmacı: b bölümüne ne demiştin?

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

Araştırmacı: c de? Kendinden eminsin.

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

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

D12: Bu olay fotoelektrik olaydır.

Son testte kısmen doğru, son görüşmede ise tam doğru yanıt veren öğrenci D12 gecikmiş son test ve görüşmede de tam doğru yanıt vermiştir. Aşağıda tam doğru yanıt veren öğrencilerden biri olan D2'ye ait gecikmiş son görüşme diyaloglarının bir bölümü aktarılmaktadır.

Araştırmacı: İlk soruyu okuyup a bölümünü yanıtlayalım.

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

Araştırmacı: b bölümünde ne söylemiştin?

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

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

D2: Doğru söylemişim ama yanlış devam etmişim.

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

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

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

D2: Başta yeni bilgiyi yadırgama olarak ortaya çıktı. Ne kadar doğru olduğunu bilsem de sonuçta kitaplarda geçtiğine göre kesin doğru ama mantıklı gelmediğinden dolayı

bilgiyi kendimce yanlışlama gibi bir şey başladı. Kendim bir çabaya girerek doğruluğuna inandırmaya çalıştım kendimi ama daha sonra doğru olduğunu anladım.

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

D2: Evet.

Öğrenci D2' nin kavramsal değişimi güçlü olarak yaşadığı görülmektedir. Öğrenci hoşnutsuzluk yaratan durumlarla karşılaşma anını yeni bilgiyi yadırgama olarak tanımlamıştır. Yeni bilgiyi kendince yanlışladığını ancak daha sonra bilimsel bilgiye ulaştığını ifade etmiştir.

Gecikmiş son testte öğrencilerin %17,5'i soruya kısmen doğru, %30'u da modern fiziğe dayalı kabul edilemez yanıtlar vermiştir. Modern fiziğe dayalı kabul edilemez yanıtların kategorinin özelliğini gösteren önemli bölümleri aşağıda örneklenmiştir.

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

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

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

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

D15 ile D19 gibi öğrenciler şiddet ve frekans kavramlarını birbirine karıştırmaktadır.

D16 ve D30 gibi öğrenciler modern fiziğe dayalı yanıtların neredeyse tümüne örnektir. Öğrenciler başlangıçta elektronların metalden koptuğu durum üzerine açıklama yapmaktadır. Örneğin D16 ışık şiddeti artarsa kopan elektron sayısının artacağını belirtmektedir. Ancak soruda ampermetrenin başlangıçta değer göstermediği ifade edilmektedir. Gecikmiş son testte, klasik fiziğe dayalı ya da sezgisel yanıt veren öğrenci bulunmazken, bir öğrenci (%2,5) de kodlanamaz yanıt vermiştir.

Sonuç ve Tartışma

MFKT' nin analizi ile elde edilen sonuçlar ön testte bilimsel olarak kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmadığını göstermektedir. Ön testte modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerle yapılan görüşmelerde öğrencilerin ışığın elektron koparması fikrine sahip oldukları ancak bilimsel olarak doğru bir kavramsal anlamaya sahip olmadıkları görülmüştür. Öğrencilerin, 10.sınıf kimya dersi, Atomun Yapısı ünitesinde ışığın

dalga ve tanecik modeli ile açıklanan olaylara yönelik öğretime katıldıklarından dolayı ışığın elektron koparması fikrine sahip oldukları anlaşılmıştır. Bu noktada öğrencilerin diğer derslerde öğrendiklerini fizik dersine transfer ettikleri, bilmedikleri fizik konularını anlamada bunları bir sıçrama taşı olarak kullandıkları ortaya çıkmaktadır. Örneğin D24 öğrencisi ön testte modern fiziğe dayalı yanıt verirken, ön görüşmede araştırmacının sorduğu sorulara karşılık klasik fiziğe dayalı yanıt vermiştir. Bu bağlamda Posner ve diğerleri (1982) tarafından KDT'nin öne sürülmesi ile birlikte kavramsal değişimi sağlama amacıyla önerilen öğretim modellerindeki öğrencilerin ön fikir ve kavramlarının ortaya çıkarıldığı aşamanın haklılığı bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Bu araştırmada kullanılan öğretim modelinde ön bilgilerin ortaya çıkarılması aşaması bu bağlamda dikkat çekmektedir.

Ön testte öğrencilerin büyük çoğunluğu (%62,5) klasik fiziğe dayalı yanıtlar vermişlerdir. Bu kategoride yanıt veren öğrencilerin iki grupta toplandıkları görülmüştür. Birinci gruptaki öğrenciler, ışığın eksi ya da artı yüklü olduğunu o nedenle eksi yüklü levhanın yükünü değiştirebileceğini düşünmektedirler. İkinci gruptaki öğrenciler ise ışığın yüksüz olduğunu o nedenle yüklü elektroskoba etki etmesinin mümkün olmadığını düşünmektedir. Bu kategorideki öğrenciler iki gruba ayrılmış olsalar da birleştikleri bir nokta vardır ki o da her iki gruptaki öğrencilerin elektroskobun yükünün değişmesinin ancak yükü mümkün olacağını düşünmeleridir. Öğrencilerin, verilen fiziksel durumu statik elektrik bilgileri ile açıklamaya çalıştıkları görülmüştür. Ön testteki yanıtlarda görülen ve *yüklü ışık* diye adlandırılabilir kavram yanılgısı bu araştırmada öncesinde Steinberg, Oberem ve McDermot (1996) ile Steinberg ve Oberem (2000)' in çalışmalarında da tespit edilmiştir. Öğrenciler modern fiziğe dayalı kavramlara sahip olmadıklarından sahip oldukları ve klasik fiziğe dayalı olan kavramları ile durumu açıklamaya çalışmaktadır. Bu nedenle öğrencilerin klasik fiziğe dayalı yanıtları toplandığı bir grup "ışık yüksüzdür o nedenle elektroskobu etkileyemez" görüşünü benimserken, diğer grup "ışık yüklüdür bu şekilde elektroskobu etkiler" görüşünü benimsemektedir. Aşağıdaki Tablo 3' de fotoelektrik olay ile ilgili alan yazında ve bu araştırmada ortak olarak karşılaşılan kavram yanılgıları ile yalnızca bu araştırmada karşılaşılan kavram yanılgıları verilmiştir.

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

Fotoelektrik olay ile ilgili birinci sorunun son test analizlerine bakıldığında öğrencilerin %90'ının bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar verdikleri görülmektedir. Sıcak kavramsal

değişim için Kural (2015) tarafından önerilen öğretim modelinin öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal değişimlerinde onlara yardımcı olma noktasında oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Öğrencilerin %10'u da modern fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt vermiştir. Bu öğrenciler daha çok fotosel düzeneğinde öğrendikleri bilgiler ile MFKT'deki birinci soruda verilen fiziksel durumu birbirine karıştırmıştır. Örneğin D19 öğrencisi sorunun (a) bölümüne “şiddet artarsa daha fazla elektron kopar” şeklinde bir ifade ile yanıt vermiştir. Oysa ki; sorudaki düzenekte henüz elektron kopmamıştır. Bu durum Dole ve Sinatra'nın (1998) BBYM'de ve Gregoire'in (2003) KDBDM'de merkezi ve çevresel rota işlemini ya da derin ve yüzeysel işlemlerini dikkate almalarındaki haklılıklarını göstermiştir. Öğrenci, fotosel düzeneğinde şiddetin artması ile birlikte kopan elektron sayısının artması ilişkisinden hareketle yüzeysel işlemi kullanarak kısa kestirmeler yapmaktadır. Bununla birlikte son testte verilen yanıtlar içinde en ciddi anlamda kavram yanlışlığı içeren ifadeler öğrenci D40'a aittir. Öğrenci fotoelektrik olayın gerçekleşebilmesi için ışığın belirli bir şiddete sahip olması gerektiği yönünde açıklamalar içeren bir yanıt vermiştir. Öğrenci frekans ile şiddet kavramlarını karıştırmaktadır. Şiddet ve frekansın birbirine karıştırılması durumuna Steinberg, Oberem ve McDermot (1996), Steinberg ve Oberem (2000) ile McKagan, Handley, Perkins ve Wieman (2008) gibi çalışmalarda da rastlanmıştır. Ön testte klasik fiziğe dayalı bilimsel olarak kabul edilemez türden yanıt veren öğrencilerin son testte bütünüyle düşüncelerini değiştirdikleri görülmektedir.

Gecikmiş son teste fotoelektrik olay ile ilgili değiştirilerek sorulan soruya öğrencilerin %50'si tam doğru, %17,5'i kısmi olmak üzere toplam %67,5'i bilimsel olarak kabul edilebilir yanıtlar vermiştir. Tam doğru yanıtlar bakımından son test ve gecikmiş son test arasında önemli bir değişiklik olmamıştır. Ayrıca daha önce aktarılan D2 ve D12 öğrencilerine ait görüşme diyalogları, uygulanan öğretimin kavramsal değişimin gücünü artırdığını o nedenle bilginin kalıcılığını da sağladığını göstermektedir. Kısmen doğru yanıtlar kategorisine bakıldığında, son testten (%37,5), gecikmiş son testte (%17,5) doğru bir azalma yaşandığı görülmektedir. Bu durumun nedeni olarak; öğretimin üzerinden geçen zamanın kavramsal değişimin zayıf olarak gerçekleştiği öğrencilerdeki olumsuz yansıması gösterilebilir. Gecikmiş son testte öğrencilerin %30'u modern fiziğe dayalı ancak bilimsel olarak kabul edilemeyen yanıtlar vermişlerdir. Son testte olduğu gibi gecikmiş son testteki yanıtlar, daha çok şiddet ve frekans kavramlarının birbirine karıştırıldığı açıklamalar içerdiğinden dolayı kabul edilemez türdendir.

Tablo 3 Fotoelektrik Olay İle İlgili Tespit Edilen Kavram Yanılgıları

Uygulama	Alan Yazın + Bu araştırma	Yalnızca bu araştırma
Ön test ve görüşme	<i>Işık yüklüdür. Işık elektronlardan oluşur. Işıktaki protonlar bulunur. Işığın şiddetinin artması genliğinin artmasıdır.</i>	<i>Işık yüksüzdür yüke etki etmez Frekansın artması ile şiddetin artması aynı şeydir Işın frekansının artması foton sayısının artmasıdır Frekans 1 saniyede geçen foton sayısıdır Işığın rengi değiştirilerek şiddeti artırılabilir Var olan metal ışıktan etkilenmiyorsa başka metal de etkilenmez.</i>
Son test ve görüşme	<i>Işığın elektron kopabilmesi için belli bir şiddete sahip olması gerekir. Bir foton iki elektron koparabilir.</i>	<i>(Işığın elektron koparamadığı durum için) Işığın şiddetinin artması ile kopan elektron sayısı artar. Işığın frekansının artması yalnızca elektronun hızını artırır. Elektron kopmasına neden olamaz.</i>
Gecikmiş son test ve görüşme	<i>Şiddetin artmasıyla elektron kopmaya başlar. Frekansını artırmak metal levha üzerinde etki yapmaz.</i>	<i>Işığın şiddeti artırıldığında kopan elektron sayısı artar ampermetrenin gösterdiği değer artar. Frekansın artırılması elektronların enerjisini yani hızını artırır. Bu yüzden akım oluşmaz. Metalin iletkenlik katsayısı değiştirilirse mümkün olabilir. Metalin cinsi akım varsa etkilidir. Akım yoksa metalin cinsi etki yapmaz.</i>

Son testle birlikte gecikmiş son testte de klasik fiziğe dayalı yanıt veren öğrenci bulunmaması öğretimin öğrencilerin kavramsal değişimlerine yardımcı olma noktasındaki başarısını göstermiştir. Ön testte bilimsel olarak kabul edilebilir türden yanıt veremeyen bir grubun, öğretimden sonra %90, öğretimden beş ay sonra %67,5 gibi büyük çoğunluğunun kabul edilebilir yanıt vermesi tüm eleştirilere rağmen Posner ve diğerleri (1982) tarafından önerilen KDT' nin kavramsal değişimi açıklama bakımından ne derece ciddi bir değer olduğu bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Bu durum araştırmada önerilen modele göre yapılan fotoelektrik olay öğretiminin öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerinde olumlu etki yaptığını sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte zamanın kavramsal değişimi zayıf olarak yaşayan öğrencilerdeki olumsuz etkisi de gecikmiş test ile belirgin hale gelmiştir. Öğrencilerin %30'u modern fiziğe dayalı kabul edilemez türden yanıtlar vermiştir. Bu öğrencilerin yanıtlarının temelinde; 1) Frekans ile şiddet kavramlarının birbirine karıştırılması, 2) Bilginin yüzeysel işlenerek henüz fotoelektrik olay gerçekleşmemişken, şiddeti artırmanın kopan elektron sayısını artıracağına düşünülmesi şeklinde iki gruba ayrıldığı bu çalışma ile ortaya çıkarılmıştır.

Öneriler

Öğretimin fotoelektrik olay ile ilgili aşamaları, modern fizik kavramlarına yönelik kavramsal değişimlerinde öğrencilere yardımcı olma noktasında oldukça başarılıdır. Ön ve son olarak uygulanan MFKT’de sorulan fotoelektrik olay ile ilgili soruda verilen elektroskoba ışık düşürülmekte ve elektroskobun yapraklarında herhangi bir değişim olmamaktadır. Ayrıca gecikmiş son testte değiştirilerek sorulan soruda da ampermetrede akım ölçülmemektedir. Sorunun (a) bölümünde ışığın şiddetini artırarak elektroskobun yük miktarını değiştirmenin mümkün olup olmadığı sorulmaktadır. Son ve gecikmiş son testte verilen kabul edilemez türden yanıtların büyük bir çoğunluğu Gregoire (2003)’ye göre yüzeysel işleme olarak değerlendirilen “şiddet artarsa, kopan elektronların sayısı artar” şeklinde kestirme ifadeler içermektedir. Bu türden yanıtlar foton enerjisinin bağlanma enerjisini aştığı durumlar için doğrudur. Ancak soruda verilen durumlarda henüz elektronlar metalden kopmuş durumda değildir. Yapılacak yeni öğretimlerde şiddetin değiştirilmesinin, foton enerjisinin bağlanma enerjisinin üstünde ve altında olduğu durumlar üzerindeki etkisinin daha detaylı tartışılması bu araştırmanın önerileri arasındadır. Öğretimde her iki durum üzerinde şiddetin artırılması üzerine ek etkinliklere yer verilmelidir.

Öğrencilerin öğretim öncesinde büyük çoğunlukla *yüklü ışık* görüşüne sahip oldukları önceki bölümde belirtilmişti. Yapılan öğretim öğrencilerdeki yüklü ışık görüşünün tamamen terk edilmesini sağlamıştır. Öğretim aşamalarında öğrencilere 10.sınıf modern fizik ünitesinde öğretimi yapılan özel göreliliğin kabullerinin hatırlatılması kavramsal değişimi sağlamada oldukça başarılı olmuştur. Öğrencilere yüklü ışığın elektronlardan veya protonlardan oluştuğu düşünülürse kütleye sahip olması gerektiği, kütleye sahip ışığında özel göreliliğe göre asla ışık hızında gidemeyeceği şeklinde açıklamalar yapılmıştır. Bilimsel olmayan yüklü ışık görüşü ile karşılaşılan durumlarda özel görelilik kuramının tartışmalara dâhil edilmesi öğretim için iyi bir çözüm olduğu bu araştırma ile ortaya çıkarılmıştır.

Alan yazında fotoelektrik olay öğretimi ile ilgili en göze çarpan çalışmaların Steinberg, Oberem ve McDermot (1996), Steinberg ve Oberem (2000) ile McKagan ve diğerleri (2008) tarafından yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalara bakıldığında fotoelektrik olayın öğretimine yardımcı olacağı düşünülen bilgisayar simülasyonunun geliştirilmesi çabası göze çarpmaktadır. Bu bağlamda Kural (2015) tarafından önerilen öğretim modelinin öğrencilerin fotoelektrik olaya ilişkin kavramsal değişimlerine etkisinin tartışıldığı bu çalışmanın, alan yazındaki fotoelektrik olay öğretimine yönelik bilgi birikimine ciddi bir katkı yaptığı da düşünülmektedir.

She (2002), Lee ve Byun (2012), Hadjiachilleos, Valanides ve Angeli (2013) gibi çalışmalara bakıldığında bilişsel çatışmaya dayandığı görülmektedir. Lee ve Byun (2012) kavramsal değişimin ilk şartı olarak bilişsel çatışmayı önermekte, Hadjiachilleos ve diğerleri (2013) ise bilişsel çatışmanın duyuşsal özellikler ile ilişkili olduğunu öne sürmektedir. Her ne kadar giriş bölümünde sözü edilen sınırlılıkları tartışılan bir konu olmaya devam etse de (Limon, 2001; Zohar & Kravetsky, 2005) bilişsel çatışmanın halen kavramsal değişimde en önemli unsur olduğu açıktır. Ayrıca ılık ve sıcak eğilim olarak öne sürülen ve bu çalışmaya teorik altyapı oluşturan kavramsal değişim modellerinin aslında bilişsel çatışma temelinde önerilmiş oldukları dikkate alınmalıdır. Bilişsel çatışmanın daha etkili nasıl oluşturulacağı, duyuşsal unsurlarla etkileşimi gibi konular yeni araştırmaları halen özendirilmektedir.

Kaynakça

- Alsop, S. & Watts, D. M. (1997). Sources from a Somerset Village: A Model for informal learning about radiation and radioactivity. *Science Education*, 81, 633-650.
- Brown, D. E. & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions by analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö.E., Karadeniz, Ş., Demirel, F., & Kılıç, E. (2013). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Ankara, Pegem Akademi Yayıncılık.
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge: MIT Press.
- Chaiken, S. (1980). Heuristic versus systematic information processing and the use of source versus message cues in persuasion. *J. Pers. Soc. Psychol.*, 39, 752-766.
- Champagne, A. B., Gunstone, R. F., & Klopfer, L. E. (1985). Effecting changes in cognitive structures among physics students in cognitive structure and conceptual change. West L. and Pines A. (Eds.). Academic Press.
- Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15, 1-40.
- Chi, M.T.H., Slotta, J. D., & Deleeuw, N. (1994). From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change For Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Clement, J., Brown, D., & Zeitsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, 554-565.

- Cosgrove, M. & Osborne, R. (1985). Lesson frameworks for changing children's ideas. In Osborne, R. & Freyberg, P. (eds.) *Learning in science: the implications of children's science*. Auckland: Heinemann.
- Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. (4nd ed.) Thousand Oaks, CA: Sage.
- Creswell, J. W. (2008). *Educational research planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research*. International Pearson Merrill: Prentice Hall.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the “cognitive conflict” strategy for conceptual change – some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74 (5), 555-569.
- Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual Change - A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671–688.
- Dykstra, D.I., Boyle, C.F., & Monarch, I.A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, 76, 615–652.
- Fazio, R. H. (1986). *How do attitudes guide behavior?* In: Sorrentino, R.M., and Higgins, E. T. (eds.), *Handbook of Motivation and Cognition: Foundations of Social Behavior* (pp. 204–243), New York: Guilford Press.
- Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers’ cognition and appraisal process during conceptual change. *Educational Psychology Review*, 15, 117–155.
- Güngör, A.A. (2010). *Öğrencilerin Fizikle İlgili Duyuşsal Özelliklerini Artıran Öğretim Uygulamaları*. Doktora Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Hadjiachilleos, S., Valanides, N., & Angeli, C. (2013). The impact of cognitive and affective aspects of cognitive conflict on learners’ conceptual change about floating and sinking, *Research in Science & Technological Education*, 31 (2), 133 - 152.
- Hewson, P. W. & Hewson, M. G. (1992). The status of students' conceptions. R. Duit, F. Goldberg and H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, Kiel, 59-73.
- Hewson, P.W. & Thorley, R.N. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11, 541–553.
- Hewson, P. W. & Hewson, M. A. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.

- Hewson, M.G. & Hewson, P.W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731–743..
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3 (4), 383-396.
- Karasar, N. (2002). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara, Nobel Yayınevi.
- Kocakulah, M. S. (2002). An investigation of first year university students' understanding of magnetic force relations between two current carrying conductors: A Case Study. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 155 - 166.
- Kuhn, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Kural, M. (2015). *Sıcak Kavramsal Değişim İçin Öğretim: 11. Sınıf Modern Fizik Örneği*. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Lee, G. & Byun, T. (2012). An explanation for the difficulty of leading conceptual change using a counterintuitive demonstration: The relationship between cognitive conflict and responses. *Research in Science Education*, 42 (5), 943-965.
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A Critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11 (4–5), 357–380.
- Lombardi, D. & Sinatra, G. M. (2010). College students' perceptions about the plausibility of human-induced climate change. *Research in Science Education*. Advance online publication. DOI: 10.1007/s11165-010-9196-z.
- Marton, F. (1986). Phenomenography - a research approach to investigating different understanding of reality. *Journal of Thought*, 21, 29-39.
- McKagan S. B., Handley, W., Perkins K. K., & Wieman C. E. (2008). A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. *Physics Review Special Topic - Physics Education Research*, 4(1), 010107 (11).
- Niedderer, H. (1987). A teaching strategy based on students' alternative frameworks-theoretical conceptions and examples. In J. D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar: Vol. 2. Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (pp. 360-367). Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.

- Patton, Q.M. (1987). *How to use Qualitative Methods in Evaluation*. Newsbury Park, London, New Dehli: Sage Publications Inc.
- Petty, R. E. & Cacioppo, J. T. (1986). *The elaboration likelihood model of persuasion*. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 19, pp. 123–205). New York: Academic.
- Pintrich, P. R. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory Into Practice*, 41 (4), 219-235.
- Pintrich, P. R. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95 (4), 667–686.
- Pintrich, P.R., Marx, R.W., & Boyle, R.A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63 (2), 167- 200.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (1996). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall Merrill.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of a conceptual change, *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Rowell, J. A. & Dawson, C. J. (1985). Equilibration, conflict and instruction: A new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education*, 4 (4), 331-344.
- Scott, P.H., Asoko, H.M., & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies, *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. R. Duit, Goldberg, F. and Niedderer, H., IPN: 310-329.
- She, H.C. (2002). Concepts of a higher hierarchical level require more dual situated learning events for conceptual change: a study of air pressure and buoyancy. *International Journal of Science Education*, 24 (9), 981-996.
- Sinatra, G. M. (2005). The warming trend in conceptual change research: The legacy of Paul R. Pintrich. *Educational Psychologist*, 40, 107–115.
- Sinatra, G. M. & Pintrich, P. R. (2003). *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Stavy, R. & Berkovitz, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64, 679–692.
- Steinberg, R.N., Oberem, G. E., & McDermott, L. C. (1996). Development of a computer-based tutorial on the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, 64, 1370-1379.

- Steinberg, R. N. & Oberem, G. E. (2000). Research-based instructional software in modern physics. *Journal of Computer, Mathematics and Science Teaching*, 19 (2), 115-136.
- Strike, K. & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change, In R.A. Duschl and R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice* (pp. 147 – 176), New York: State University of New York Press.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Treagust, D. F. & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cult Stud of Sci Educ*, 3, 297-328.
- Tsai, C.-C. (2001). Collaboratively developing instructional activities of conceptual change through the Internet: science teachers' perspectives. *British Journal of Educational Technology*, 32(5), 619–622.
- Tuan, H.L., Chin, C. C. & Shieh, S. H. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation toward science learning. *International Journal of Science Education*, 27(6), 639–654.
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. L., & Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387–404.
- Vosniadou, S. (1994). Introduction. *Learning and Instruction*, 4, 3 – 6.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1987) Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51–67.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A Psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2000) *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara, Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, E. (2008). *5E Modelinin kullanıldığı kavramsal değişime dayalı öğretimde üst bilişin etkileri: 7.Sınıf Kuvvet ve Hareket Ünitesine yönelik bir uygulama*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Zhou, G. (2010). Conceptual Change in Science: A Process of Argumentation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6 (2), 101-110.
- Zohar, A. & Kravetsky, S.A. (2005). Exploring the effects of cognitive conflict and direct teaching for students of different academic levels. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (7), 829-855.