

Teaching Photoelectric Effect with Simulation Supported Inquiry Based Activity

Fatih Önder

Dokuz Eylül University, Buca Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education

Esra Bilal Önder

Dokuz Eylül University ,Izmir Multidisciplinary Vocational School Electronical Automation Telecommunication Technology

Abstract:

In this study, it is aimed to determine the effect of inquiry-based activities supported by computer simulations on the misconceptions of physics teacher candidates on photoelectric effect. Participants of the research constitute 28 teacher candidates who are registered in Dokuz Eylül University, Buca Faculty of Education, Department of Physics Education and have taken Modern Physics course. The study was designed according to the single group pretest-posttest model. Data collection tools are computer supported inquiry based activity worksheets prepared by researchers and the Photoelectric Effect Concept Test. In simulation supported inquiry-based activities, the students completed their inquiry by following the inquiry cycle phases: orientation, hypothesis generation, experimentation, data interpretation, conclusion and communication. Computer simulations are used in the experimentation phase of inquiry cycle in the research. The findings of the research show that students have misconceptions on some concepts such as threshold frequency, binding energy, light intensity before the simulation supported inquiry based learning activities. In addition, students have difficulties about the effect of the power supply connected to the circuit on the photoelectric effect experiment. At the end of photoelectric teaching by using simulation supported inquiry-based activities, it was determined that students' misconceptions were eliminated and the concept test scores increased significantly compared to the pre-test scores.

Keywords: Inquiry based learning, computer supported teaching, misconception, photoelectric effect



Inönü University
Journal of the Faculty of Education
Vol 19, No 3, 2018
pp. 57-73
DOI: inuefd.318023

Received : 01.06.2017

Accepted : 15.11.2018

Suggested Citation

Önder, F., & Bilal Önder, E. (2018). Teaching Photoelectric Effect with Computer Supported Inquiry Based Activity, *Inonu University Journal of the Faculty of Education*, 19(3), 57-73. DOI: inuefd.318023

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The researches show that the students have misconceptions about the photoelectric effect (Klassen, 2011; McKagan, Handley, Perkins, & Wieman, 2009; Niaz, Klassen, McMillan, & Metz, 2010; Steinberg, Oberem, & McDermott, 1996; Önder, 2016). The researchers emphasize that the conceptual problems of the photoelectric effect come from the abstract concepts contained in the subject (Sarı & Güven, 2013; Uzun & Karaman, 2015), from the students' attempts to interpret the photoelectrical effect with the existing classical physics knowledge (Kural, 2015; Taşlıdere, 2015), from errors or omissions in textbooks (Klassen, 2011; Wong et al., 2011), and from the fact that the appropriate teaching method is not used in the course (Yıldız & Büyükkasap, 2011). According to Jimoyiannis and Komis (2001) traditional teaching is ineffective in coping with the misconceptions. It is extremely important to eliminate the misconceptions about photoelectric effect so that students can understand the nature of light correctly and build a basis for advanced physics. The fact that the photoelectric effect occurs at subatomic level makes it impossible to observe the experiment directly but computer simulations can visualize this phenomenon. There are also a number of studies showing that computer simulations have improved the conceptual meaning in physics (Jaakkola, Nurmi, & Veermans, 2011; Jimoyiannis & Komis, 2001; Tao & Gunstone, 1999; Zacharia & Anderson, 2003).

Purpose

It is aimed to investigate the effect of inquiry based activities supported by computer simulations on students' misconceptions about photoelectric effect in this research.

The research questions are as follows:

1. What are the misconceptions of students about the photoelectric effect?
2. Is the simulation supported inquiry-based learning method effective in eliminating students' conceptual misconceptions about photoelectric effect?

Method

In order to determine the effect of simulators supported inquiry-based activities on students' misconceptions about photoelectric effect, "one group pretest-posttest model" among the pre experimental models was used.

The participants of the study consist of 28 teacher candidates who attended Modern Physics I Course in Buca Faculty of Education at Dokuz Eylül University.

The research data were obtained from the responses of the participants to the Photoelectric Effect Concept Test developed by Önder (2016) and to the questions in the inquiry based activities. Photoelectric Effect Concept Test is composed of 14 questions on photoelectric current, effect of power source on photoelectric effect, threshold frequency, interpretation of Einstein's photoelectric equation, relationship between photon frequency, and photoelectron's kinetic energy, and particle structure of light.

The students who participate to the activities complete their inquiry by following the cycle having orientation, hypothesis generation, experimentation, data interpretation, conclusion, and discussion phases.

Results and Discussion

The findings of the research show that significant number of students have misconceptions about photoelectric effect. The answers given by the students to question in the first activity were collected under three groups. As the reason for not passing the current in the circuit, 11 of the participants showed that insufficiency of the frequency (energy) of the light, 9 of the participants showed that insufficiency of light intensity, and 8 of the participants showed that insufficiency of voltage of the generator.

The answers given by the students to question in the second activity were collected under two groups. Some of the participants thought that the reverse bias of the generator would increase the binding energy of the metal. Some of the participants thought that increasing the number of electrons in the photoelectric tube will make it difficult for these electrons to be stopped by the generator. Similar misconceptions are

found in different studies (Keselman, 2003; Klassen, 2011; Kural, 2015; McKagan, Handley, & Wieman, 2009; Niaz, Klassen, McMillan, & Metz, 2010; Steinberg, Oberem, & McDermott, 1996).

The findings of the research show that the students have difficulty in understanding the effect of the generator connected to the circuit on the photoelectric effect experiment. At the end of the study, according to the responses to the questions on the worksheets, it was determined that the students' misconceptions about the effect of the generator have been completely removed. At the end of the computer supported inquiry based activities, it is seen that the correct response percentages of all the concept groups in the test are increased.

It is seen that the mean of the posttests of the teacher candidates is higher than the mean of pre-test at the end of the activities. In order to determine the statistical significance of this increase, the difference of posttest-pretest score was compared with Paired Samples t-test. As a result of the analysis, posttest scores of the group were found to be statistically higher than pre-test scores ($t_{27} = 9.90$, $p < .05$).

It has been determined that all of the students who set up false hypotheses for the solution of the problems presented in the research can reach the correct hypotheses at the end of the simulation based experimental activities by noticing the mistakes they made. It has been seen that the explanations that contain the misconceptions that students have for the solution of such problems have been accepted by scientifically well-accepted explanations at the end of research. It has been determined that the explanations having misconceptions that students have developed for solving problems have turned into explanations that can be regarded as scientifically correct at the end of research.

Simülasyon Destekli Sorgulama Temelli Etkinlikler ile Fotoelektrik Olay Öğretimi

Fatih Önder

Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü

Esra Bilal Önder

Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu Elektronik Ve Otomasyon Bölümü Elektronik Haberleşme Teknolojisi Programı

Öz

Bu çalışmada bilgisayar simülasyonları ile desteklenen sorgulama temelli etkinliklerin fizik öğretmen adaylarının fotoelektrik olay konusundaki kavram yanlışlarını gidermedeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Araştırmanın katılımcılarını Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Anabilim Dalında Modern Fizik I dersine kayıtlı olan 28 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırma tek grup öntest-sontest modeline göre desenlenmiştir. Araştırmanın veri toplama araçları Fotoelektrik Olay Kavram Testi ve araştırmacılar tarafından hazırlanan simülasyon destekli sorgulama temelli etkinliklerden oluşmaktadır. Araştırmada iki etkinlik kullanılmıştır. Simülasyon destekli sorgulama temelli etkinliklerde öğrenciler yönlendirme, hipotez üretme, deneme, veri yorumlama, sonuç ve iletişim evrelerinin izlendiği sorgulama döngüsünü takip ederek etkinliklerini tamamlamıştır. Etkinliklerin deneme evresinde bilgisayar simülasyonlarından yararlanılmıştır. Araştırma bulguları etkinlikler öncesinde öğrencilerin eşik frekansı, bağlanma enerjisi, ışık şiddeti gibi kavramlar hakkında kavram yanlışlarına sahip olduklarını göstermektedir. Ayrıca öğrencilerin etkinlikler öncesi verdikleri yanıtlar incelendiğinde devreye bağlanan üreticinin fotoelektrik olay deneyine etkisini yanlış yorumladıkları görülmüştür. Simülasyon destekli sorgulama temelli etkinlikler ile fotoelektrik olay öğretimi sonunda ise öğrencilerin bu kavram yanlışlarının giderildiği ve kavram testi puanlarının uygulama öncesine göre anlamlı düzeyde arttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sorgulama temelli öğrenme, simülasyon destekli öğretim, kavram yanlışlığı, fotoelektrik olay



İnönü Üniversitesi
Eğitim Fakültesi Dergisi
Cilt 19, Sayı 3, 2018
ss. 57-73
DOI: inuefd.318023

Gönderim Tarihi : 01.06.2017
Kabul Tarihi : 15.11.2018

Önerilen Atf

Önder, F., & Bilal Önder, E. (2018). Simülasyon Destekli Sorgulama Temelli Etkinlikler ile Fotoelektrik Olay Öğretimi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(3), 57-73. DOI: inuefd.318023

GİRİŞ

Kavram yanlışları hem eğitimciler hem de öğrenciler için her düzeydeki fen eğitiminde önemli bir sorun teşkil etmektedir (Johnstone & Kellett, 1980). Öğrencilerin kavramlar hakkında sahip oldukları yüzeysel bilgiler (Yağbasan ve Gülççek, 2003) ve okul öncesinde doğal olaylar hakkında geliştirdikleri içgüdüsel inançlar (Eryılmaz & Tatlı, 2000) kavram yanlışlarının ortaya çıkmasına neden olur. Öğrenciler, doğal nesnelere ve olaylarla ilgili yaşantı sonucunda kazanılmış, değişime karşı dirençli, kökenleri doğrudan gözlem, algılama, akran kültürü ve dili, öğretmenlerin açıklamaları ve öğretim materyalleri gibi kişisel deneyimlerden oluşan bir takım kavram yanlışlarıyla okula gelirler (Wenning, 2008). Bu kavram yanlışları kişisel deneyimler sonucunda kazanılmış olduklarından değişime karşı dirençlidirler ve öğrencilerin yeni kavramları öğrenmelerinin önünde engel oluştururlar (Wenning, 2008). Bu nedenle öğrencilerde var olan kavram yanlışlarının belirlenmesi ve bunların bilimsel anlamda doğru kavramlarla değiştirilmesi son derece önemlidir. Ancak kişiler, düşüncelerinin merkezindeki kavramları işlevsiz olduklarını görene kadar değiştirmezler (Strike & Posner, 1992). Posner, Strike, Hewson ve Gertzog (1982), kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için dört önemli koşulun yerine getirilmesi gerektiğini belirtmektedir. İlk olarak mevcut kavram öğrencide hoşnutsuzluk yaratmalıdır. Bunun için öğrenciler yanlışlarının bulunduğu kavramlar ile çözemeyecekleri problemlerle karşılaştırılmalıdır. Böylece öğrenciler bu problemleri çözmek için mevcut kavramlarının yeterliliklerine olan inançlarını kaybetmelidir (Posner vd., 1982). İkinci koşul mevcut kavramın anlaşılır olmasıdır. "Anlaşılır olmayan kavram öğrenci tarafından içselleştirilememekte ve doğru anlamlandırılmamaktadır" (Anıl & Küçüközer, 2017). Kavramsal değişimin gerçekleşmesi için üçüncü koşul ise yeni kavramın makul olmasıdır. Makullük kavramın diğer bilgilerle tutarlı olmasının bir sonucudur (Posner vd., 1982). Son koşul ise yeni kavramın verimli olmasıdır. Kavram, yeni araştırma alanları açmak için genişletilme potansiyeline sahip olmalıdır (Posner vd., 1982).

Styer (1996)'a göre mekanik konularındaki kavram yanlışları çocukluktan başlayan günlük gözlem ve deneyimlerimizden kaynaklanırken, kuantum mekaniğindeki kavram yanlışlarının kökeni bu kadar net değildir. Kuantum fiziği günlük yaşamımızda doğrudan karşılaşıp gözlemleyebileceğimiz olayları içermediği gibi bu dersin içerisinde edinilen bilgiler klasik fizik konularında öğrenilenlerle çelişebilir. Bu duruma en iyi örnek fotoelektrik olay konusunda karşımıza çıkar. Einstein (1905)'in fotoelektrik olayı açıklaması ile ışığa bakış açımız kökten değişmiş ve kuantum fiziğine doğru ilerleyen yolda ilk adımlar atılmaya başlanmıştır. Fotoelektrik olay daha önce kırınım ve girişim deneyleri ile dalga özelliği kanıtlanan ışığın tanecikli doğasının anlaşılması açısından önemli bir role sahiptir (McKagan, Handley, Perkins & Wieman, 2009). Fotoelektrik olayın açıklanması ile ışığın ikili doğasının farkına varılmış ve bu farkındalık kuantum fiziğinin temelini oluşturan madde dalgası kavramının doğmasına yol açmıştır. Bu özelliği ile fotoelektrik olay klasik fizik ile kuantum fiziği arasında köprü görevi gören önemli konulardan biridir. Niaz, Klassen, McMillan ve Metz (2010), fotoelektrik olayın öğrencilere kuantum teorisini tanıtmak için yararlı bir araç olarak kullanıldığını vurgulasa da alanyazındaki çalışmalar öğrencilerin fotoelektrik olayı anlamakta zorlandıklarını ve bu konuda bir takım kavram yanlışlarına sahip olduklarını göstermektedir. Aşağıda fotoelektrik olay konusunda sıklıkla karşılaşılan yanlışlar listelenmiştir.

- Fotoelektrik olayın oluşması için ışık belirli bir şiddete sahip olmalıdır (Kural, 2015; McKagan, Handley, Perkins & Wieman, 2009; Önder, 2016).
- Metal levha üzerine düşen ışığın enerjisi (ya da frekansı) ne olursa olsun metalden elektron sökülebilir (McKagan, Handley, Perkins & Wieman, 2009; Önder, 2016).
- Bir foton metal levhadaki elektronlarla birkaç kez çarpışarak fotoelektrik akımı artmasını sağlar (Önder, 2016).
- Ohm Yasası ($V=I.R$) fotoelektrik olayda kullanılabilir. (McKagan, Handley, Perkins & Wieman, 2009; Steinberg & Oberem, 2000; Taşlıdere, 2015).
- Üreticinin neden olduğu akım ile fotoelektrik akım üst üste biner (Önder, 2016).
- Metalin iş fonksiyonundan daha yüksek potansiyel farklarında metalden elektron sökülebilir (Taşlıdere, 2015).

Araştırmacılar, fotoelektrik olay konusundaki kavramsal problemlerin konunun soyut kavramlar içermesinden (Sarı & Güven, 2013; Uzun & Karaman, 2015), laboratuvar ortamında araç-gereçle gerçek deneylerinin yapılamamasından (Sarı & Bakır Güven, 2013), öğrencilerin varolan klasik fizik bilgileri ile fotoelektrik olayı yorumlamaya çalışmalarından (Kural, 2015; Taşlıdere, 2015), ders kitaplarındaki hatalar veya eksikliklerden (Klassen, 2011; Wong vd., 2011) veya uygun öğretim yöntemlerinin kullanılmamasından

(Yıldız & Büyükkasap, 2011) kaynaklandığını vurgulamakta ve geleneksel öğretimin kavram yanlışlarıyla baş etmede etkisiz olduğunu ileri sürmektedir (Jimoyiannis & Komis, 2001). Öğrencilerin ışığın yapısını doğru anlayabilmeleri ve ileri düzeydeki fizik konularına bir alt yapı oluşturabilmeleri için bu konudaki yanlışlarının giderilmesi son derece önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada öğrencilerin mevcut kavramlarını sorgulayabilecekleri bir öğrenme ortamı yaratmak amacı ile sorgulama/araştırma (inquiry) temelli öğrenme yöntemi tercih edilmiştir.

Sorgulama temelli öğrenme yöntemi kitaplardaki geleneksel odaktan veya laboratuarda yapılan gösteri deneylerinden daha zengin ve daha bilimsel temelli bir deneyim sağlamaktadır (Keselman, 2003). Sorgulamaya dayalı öğrenmede, öğretime genel ilkeler ile başlamak ve uygulamalar ile sonlandırmak yerine bir dizi gözlemin veya deneysel sonuçların yorumlanması, bir durumun analizi veya gerçek hayata ait karmaşık bir problemin çözümü gibi özel durumlar ile başlanır (Prince & Felder, 2006). Bu nedenle sorgulamaya dayalı öğrenme, kendisi için yeni olan bir bilginin keşfinde öğrenenin aktif katılımını ve sorumluluğunu gerektirir (de Jong & van Joolingen, 1998).

Sorgulamaya dayalı öğrenmede öğrenciler dünya hakkında bilgi toplayan bilim insanları konumundadır (Keselman, 2003). Öğrenciler sorgulamaya dayalı öğrenme faaliyetlerinde kendi araştırmalarını yönlendirerek, hipotez üretme, bu hipotezleri test etme amaçlı deneyler tasarlama, veri toplama ve sonuç çıkarma gibi bilimsel araştırma basamaklarının tümünü tamamlarlar (Pedaste M., Mäeots, Leijen, & Sarapuu, 2012). Pedagojik açıdan karmaşık olan bilimsel süreç, öğrencilerin dikkatini bilimsel düşünmeye yönlendiren mantıksal olarak bağlantılı küçük ünitelere bölünür ve sorgulama evreleri olarak adlandırılan bu evrelerin birbiriyle bağlantılı kümesi sorgulama döngüsünü oluşturur (Pedaste vd., 2015). Pedaste vd. (2015) tarafından yapılan bir tarama çalışmasında sorgulama evrelerinin farklı araştırmacılar tarafından çok farklı isimlerle adlandırıldığı görülmüş ve benzer amaçlar güden evreler yönlendirme (orientation), kavramsallaştırma (conceptualization), inceleme (investigation), sonuç (conclusion) ve tartışma (discussion) adı verilen beş genel evre altında toplanmıştır:

Konu ile ilgili merak uyandırmanın amaçlandığı yönlendirme genel evresinde, temel değişkenler tanımlanır ve bir problem cümlesi yardımı ile dikkat çekilir (Pedaste vd., 2015). Soru sorma (questioning) ve hipotez üretme (hypothesis generation) adlı iki alt evresi bulunan kavramsallaştırma genel evresinde ise teoriye bağlı sorular ve/veya hipotezler belirlenir (Pedaste vd., 2015). Bu evre sonunda alt evrelere bağlı olarak test edilmek istenen hipoteze ya da araştırma sorusuna ulaşılır. İnceleme genel evresi, verilerin üretildiği keşfetme (exploration), hipotezlerin test edileceği deneyin tasarlandığı ve uygulandığı deneme (experimentation) ve verilerin anlamlandırılıp, yeni bilginin sentezlendiği veri yorumlama (data interpretation) evresi olmak üzere üç alt evreden oluşur (Pedaste vd., 2015). Bu evrede deney düzenekleri kurulur, deney verileri toplanır ve deney sonuçları yorumlanır. Sonuç evresinde ise elde edilen sonuçların araştırma sorusuna yanıt verip vermediğine bakılır ve gerekirse döngü tekrarlanır (Pedaste vd., 2015). Son aşama iletişim (communication) ve yansıtma (reflection) alt evrelerini içeren tartışma genel evresidir. İletişim alt evresinde elde edilen sonuçlar diğer ilgililere sunulur ve onlardan dönüt alınırken, yansıtma alt evresinde içe dönük tartışmalarla sorgulama evreleri veya tüm döngü eleştirilip değerlendirilir (Pedaste vd., 2015).

Yukarıda tanımlanan evreler arasında öğrenciler aşağıda belirtilen üç olası döngü ile sorgulamalarını tamamlayabilirler (Pedaste vd., 2015):

Döngü 1: Yönlendirme–soru sorma–keşfetme–soru sorma–keşfetme–veri yorumlama–sonuç (soru sorma ve keşfetme arasındaki döngü defalarca tekrarlanabilir fakat doğrudan keşif aşamasından veri yorumlama aşamasına geçmekte mümkündür. İletişim ve yansıtma her evreye eklenebilir).

Döngü 2: Yönlendirme–hipotez üretme–deneme–veri yorumlama–hipotez üretme–deneme–veri yorumlama–sonuç (hipotez üretme–deneme–veri yorumlama arasındaki döngü defalarca tekrarlanabilir fakat doğrudan veri yorumlama evresinden sonuç evresine geçmekte mümkündür. İletişim ve yansıtma her evreye eklenebilir).

Döngü 3: Yönlendirme–soru sorma–hipotez üretme–deneme–veri yorumlama – (soru sorma) hipotez üretme–deneme–veri yorumlama–sonuç (Hipotez üretme–deneme–veri yorumlama arasındaki döngü defalarca tekrarlanabilir fakat doğrudan veri yorumlama evresinden sonuç evresine geçmekte mümkündür; veri yorumlamadan sonra soruları gözden geçirmek gerekebilir, fakat genellikle sadece hipotezler gözden geçirilir. İletişim ve yansıtma her evreye eklenebilir).

Sorgulama döngülerinden de görüldüğü gibi öğrencilerin bir sorun hakkında çözüme ulaşmaları için hipotez kurmaları ve bu hipotezi sınamak için deney yapmaları ve veri toplamaları gerekir. Fotoelektrik olayın atom altı düzeyde gerçekleşiyor olması ampermetre ve voltmetre gibi ölçü araçları ile deney sonuçlarının dolaylı olarak gözlemlenebilmesine olanak sağlarken, deneyin doğrudan gözlemlenmesini olanaksız kılar. Bu durumda laboratuvar ortamında deney yapılıyor olsa bile öğrenciler fotoelektrik tüpün içerisinde neler olduğunu ve ışık ile elektronların nasıl etkileştiklerini doğrudan gözlemleyemezler. Bilgisayar simülasyonları öğrencilere düşüncelerini yansıtmaya ve tartışma için fırsat sağlar çünkü öğrenciler mikro boyutlarda sunulan bilgiyi bu yolla yorumlayabilir, hipotezleri formüle edip test edebilir ve fikirleri ile gözlemleri arasındaki kavramsal çelişkiyi uzlaştırabilirler (Tao & Gunstone, 1999). Jimoyiannis ve Komis'e (2001) göre fizik öğretiminde bilgisayar simülasyonları önemlidir, çünkü simülasyonlar fizik kavramlarını ve süreçlerini içeren güçlü modelleme ortamlarını destekleyebilirler. Kavramsal değişim için mevcut kavramın öğrencilerde hoşnutsuzluk yarattığı tutarsız olay, öğrencilerin mevcut kavramlarıyla çelişen bir gösteri veya olgu olabilir ve tutarsız durumları sınıf ortamında yaratmak için bilgisayar simülasyonları kullanılabilir (Tao & Gunstone, 1999). Ayrıca bilgisayar simülasyonlarının fizikte kavramsal anlamayı geliştirdiğini gösteren çok sayıda araştırma vardır (Jaakkola, Nurmi, & Veermans, 2011; Jimoyiannis & Komis, 2001; Tao & Gunstone, 1999; Zacharia & Anderson, 2003). Bu nedenle öğrencilerin fotoelektrik olayda foton ile elektron arasındaki etkileşim sonucu meydana gelen olayları anlayabilmelerine olanak vermek için sorgulama temelli öğrenme yönteminin fotoelektrik olay konusunda hazırlanmış bir simülasyon kullanılarak desteklenmesine karar verilmiştir. Araştırmada kullanılmak için seçilen fotoelektrik olay simülasyonu Colorado Üniversitesi PhET İnteraktif Simülasyonlar Projesi tarafından ücretsiz olarak çevrim içi sağlanmaktadır (PhET Benzetimleri, 2006).

Bu araştırmada bilgisayar simülasyonları ile desteklenen sorgulama temelli etkinliklerin öğrencilerin fotoelektrik olay konusundaki kavram yanlışlarını gidermedeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

1. Öğrencilerin fotoelektrik olay konusundaki kavram yanlışları nelerdir?
2. Simülasyon destekli sorgulama temelli öğrenme yöntemi öğrencilerin fotoelektrik olay konusundaki kavram yanlışlarını gidermede etkili midir?

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Simülasyon destekli sorgulama temelli etkinliklerin öğrencilerin fotoelektrik olay konusundaki kavram yanlışlarını gidermedeki etkisinin incelendiği bu çalışmada, deneme öncesi modellerden "tek grup ön test-son test" modeli kullanılmıştır. Model gelişigüzel seçilmiş bir gruba bağımsız değişken uygulanıp, deney öncesi ön test ve deney sonrası son test ölçümleri alınarak uygulanır (Karasar, 2002). Uygulamanın yapılacağı kurumda az sayıda öğrenciden oluşan tek bir Modern Fizik I sınıfı bulunduğundan uygulanacak yöntemin katılımcıların fotoelektrik olay konusundaki kavram yanlışları üzerindeki etkisini sınamak için tek grup öntest-sontest modeli tercih edilmiştir. Bu model;

$$O_1 \times O_2$$

şeklinde desenlenir. Burada O_1 deney grubuna uyulama öncesinde yapılan öntest gözlemini, X deneysel müdahaleyi, O_2 ise aynı gruptan uygulama sonrasında alınan sontest gözlemini ifade eder (Manly, 1992). Bu modelin en büyük sınırlılığı ayrı bir kontrol grubunun bulunmaması olsa da, belli koşullar altında ön test ve son test gözlemleri arasındaki değişimin, deneysel müdahalenin etkisinin geçerli bir ölçüsü olduğu söylenebilir (Manly, 1992).

Çalışma Grubu

Araştırmanın katılımcılarını Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalında öğrenim gören ve Modern Fizik I dersine kayıtlı olan 28 öğretmen adayı (18 kadın, 10 erkek) oluşturmaktadır. Katılımcılar, uygulama sürecinden önce Modern Fizik I dersinde fotoelektrik olay konusunun düz anlatım yöntemiyle anlatıldığı haftalarda derse devam etmiş öğretmen adaylarından oluşmaktadır. Öğretmen adayları lisans öğrenimleri süresince fotoelektrik olay konusu ile ilk kez Modern Fizik I dersinde karşılaştıklarından çalışma grubunun bu derse kayıtlı öğrencilerden oluşması kararlaştırılmıştır.

Veri Toplama Araçları

Araştırma verileri, Önder (2016) tarafından geliştirilen Fotoelektrik Olay Kavram Testinden ve öğretmen adaylarının sorgulama temelli etkinliklerde yer alan sorulara verdikleri yanıtlardan elde edilmiştir.

Fotoelektrik Olay Kavram Testi (FEKT)

Bu çalışmada, öğretmen adaylarının fotoelektrik olay konusundaki kavram yanlışlarını belirlemek için Önder (2016) tarafından geliştirilen Fotoelektrik Olay Kavram Testi'nden yararlanılmıştır. FEKT, 14 maddeden oluşan çoktan seçmeli bir testtir. Testin KR-20 güvenirlik katsayısı 295 öğretmen adayından toplanan veriler ile 0,74 olarak hesaplanmıştır (Önder, 2016). Testteki maddelerin güçlük indeksleri 0,25 ile 0,60 arasında, ayırma ideksleri ise 0,38 ile 0,60 arasında değişmektedir ve testin ortalama güçlüğü 0,4 ortalama ayırma gücü ise 0,5 olarak hesaplanmıştır (Önder, 2016).

Ölçeğin geçerlilik çalışması ise 10 uzmandan alınan dönütler ile belirlenmiştir. Buna göre ölçekteki maddelerin İçerik Geçerlik Oranı (Content Validity Ratio) 0,80 ile 1,00 arasında değişmekte iken ölçeğin İçerik Geçerlilik İndeksi (Content Validity Index) 0,90 olarak belirlenmiştir (Önder, 2016). Tablo 1'de FEKT'de yer alan soruların kavramlara göre dağılımı görülmektedir.

Tablo 1

FEKT'de yer alan soruların kavramlara göre dağılımı

| Kavramlar | Sorular |
|---|---------|
| Fotoelektrik akım | 1,2,8 |
| Güç kaynağının fotoelektrik deney üzerindeki etkisi | 3,5,12 |
| Eşik frekansı | 4,6 |
| Einstein'ın fotoelektrik denkleminin yorumlanması | 9,11,13 |
| Foton frekansı ile fotoelektronların kinetik enerjisi arasındaki ilişki | 7,14 |
| Işığın tanecikli yapısı | 10 |

Sorgulama Temelli Etkinlikler

Araştırmada kullanılan etkinlikler araştırmacılara öğretmen adaylarının fotoelektrik olay konusundaki kavram yanlışları hakkında bilgi sağladığı gibi öğretmen adaylarına da sahip oldukları kavram yanlışlarının farkına varma fırsatı sunmaktadır. Bu çalışmada araştırmacılar tarafından hazırlanan iki etkinlikten faydalanılmıştır. Her etkinlik bir haftalık üç ders saatinde gerçekleştirilmiştir. Etkinliklerde yer alan sorular, fotoelektrik olay ile ilgili literatürde belirlenen kavram yanlışları dikkate alınarak hazırlanmıştır. Etkinliklere katılan öğrenciler yönlendirme, hipotez üretme, deneme, veri yorumlama, sonuç ve tartışma evrelerini gerçekleştirdikleri, Pedaste ve diğerleri (2015) tarafından tanımlanan ikinci döngüyü takip ederek sorgulamalarını tamamlamaktadır.

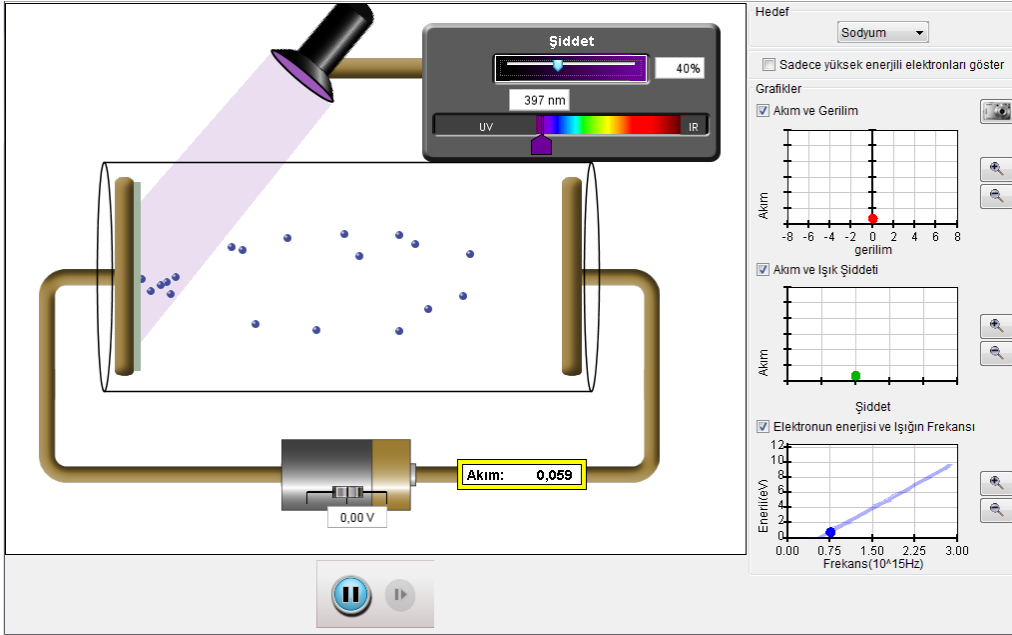
İlk etkinlik öğrencilerin eşik enerjisi ve eşik frekansı kavramlarını sorgulamaktadır. Bu etkinliğin sonunda, öğrencilerden fotoelektrik olay deney düzeneğindeki ampermetreden akım geçmemesinin nedenini gelen fotonların enerjisi ile metalin bağlanma enerjisini ilişkilendirerek açıklaması beklenmektedir. Literatürde sıklıkla karşılaşılan kavram yanlışlarından biri öğrencilerin fotoelektrik olay deney düzeneğinden Ohm Yasası uyarınca akım geçeceğini düşünmeleri (McKagan, Handley, Perkins, & Wieman, 2009; Steinberg & Oberem, 2000; Taşlıdere, 2015), bir diğeri ise ışığın dalga modelini temel alarak ışık şiddeti ile fotoelektrik akımı ilişkilendirmeleridir (Kural, 2015; McKagan, Handley, Perkins, & Wieman, 2009). Bu nedenle, öğrencilerin söz konusu kavram yanlışlarını tespit edebilmek için soruya potansiyel farkı ayarlanabilen üreteç ve ışık şiddeti değiştirilebilen kaynak eklenerek değişken sayısı artırılmıştır.

İkinci etkinlikte durdurucu potansiyel kavramının sorgulanması amaçlanmaktadır. Öğrencilerden fotosel ters bağlanmış üretcin anot ve katot arasında bir elektrik alan doğmasına neden olduğunu ve bu alandan dolayı katot levhadan sökülen elektronların elektrik alana karşı iş yaparak yavaşladığını ve anot levhaya ulaşmadan durduklarını açıklaması beklenmektedir. Problemin çözümü için ise ışığın enerjisinin artırılması gerektiğini söylemeleri beklenmektedir. Geçmişte yapılan çalışmalar öğrencilerin ışığın şiddeti ile enerjisini karıştırdıklarını göstermektedir (Kural, 2015; McKagan, Handley, Perkins, & Wieman, 2009; Paliç Şadoğlu & Akdeniz, 2015). Bu nedenle soruya ışık şiddeti değiştirilebilen bir kaynak eklenerek öğrencilerin bu kavram üzerindeki yanlışlarının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Ek A ve Ek B'de uygulamada kullanılan etkinliklere yer verilmiştir.

Uygulama Süreci

Sorgulama temelli etkinlikler yönlendirme evresi ile başlamaktadır. Bu evrede fotoelektrik olay deney düzeneğinin ve deney değişkenlerinin tanımlandığı bilgi bölümü ve öğrencilerde merak uyandırmayı amaçlayan senaryolaştırılmış bir durum sunulmaktadır. Bu senaryolarda deneyi yapan araştırmacıların karşılaştıkları bir sorun anlatılmakta ve bilgilendirme bölümünün ardından açık uçlu bir soru gelmektedir. Sorunun ilk bölümünde öğrencilerden, araştırmacıların karşılaştıkları sorunun nedenini açıklamaları istenmektedir. İkinci bölümde ise öğrencilerden bu soruna bir çözüm önerisi getirmeleri ve çözüm önerilerini bilimsel olarak açıklamaları istenmektedir.

Kavramsallaştırma evresinde öğrencilerden tespit ettikleri sorun ve bu sorunun çözümüne getirdikleri önerilerini kullanarak oluşturdukları hipotezlerini çalışma yapraklarına yazmaları istenmektedir. Deneme evresinde öğrenciler oluşturdukları hipotezi dikkate alarak bağımlı ve bağımsız değişkenlerini belirlemişlerdir. Ardından bu değişkenleri kullanarak deney düzeneklerini ayarlamışlardır. Hipotezin sınanmasında PhET fotoelektrik olay deneyi simülasyonundan yararlanılmıştır. Simülasyonda yer alan deney düzeneği bir ışık kaynağı, bir fotoelektrik tüp, bu tüpe bağlı bir üreteç ve ampermetreden oluşmaktadır. Program kullanılan ışığın rengini ve şiddetini değiştirmeye izin vermektedir. Ayrıca devrede yer alan üreticinin kutupları değiştirile bilmekte ve 0 ile 8V arasında potansiyel fark oluşturulabilmektedir. Program metal levhadan sökülen elektronların hareketini farklı değişkenlere göre (ışık şiddeti, dalga boyu, güç kaynağı gerilimi) gerçekleştirebilmekte ve ilgili değişkenlere ait grafikleri çizebilmektedir. Kullanılan simülasyona ait bir ekran görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Fotoelektrik olay deneyi simülasyonu (<https://phet.colorado.edu/tr/simulation/photoelectric>).

Öğrenciler fotoelektrik olay simülasyonlarını kullanarak deneyleri yapmış ve veri toplamışlardır. Hipotezleri doğrulanan öğrenciler deney sonuçlarını raporlaştırmışlardır. Kurdukları hipotezi reddeden öğrenciler ise bulgularını tekrar gözden geçirerek yeni bir hipotez kurmuşlardır. Ardından aynı süreci tekrar ederek yeni hipotezlerini sınamışlardır.

Deney sonuçlarına ulaşan öğrenciler bu sonuçlarını derleyerek sınıf arkadaşlarıyla paylaşır ve deney raporlarını bir hafta içinde öğretmenlerine sunarak tartışma evresini tamamlarlar.

BULGULAR

Araştırma bulguları sorgulama temelli etkinliklerden elde edilen bulgular ve fotoelektrik kavram testinden elde edilen bulgular başlığı altında derlenerek sunulmuştur.

Sorgulama Temelli Etkinliklerden Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin ilk etkinlikteki soruya verdikleri yanıtların üç grup altında toplandığı belirlenmiştir. Devreden akım geçmemesine neden olarak, katılımcıların 11'i ışığın frekansının (enerjisinin) yetersiz oluşunu, 9'u ışık şiddetinin yetersiz oluşunu, 8'i üreticinin geriliminin yetersiz oluşunu göstermişlerdir. Probleme doğru yanıt veren 11 öğrenci aynı zamanda devreden akımın geçmemesinin nedenini, ışığın enerjisinin metalin bağlanma enerjisinden küçük olması şeklinde açıklamışlardır.

Deneydeki problemin ışık şiddetinin yetersizliğinden kaynaklandığını savunan öğrencilerin, ışın şiddetinin artırılması ile elektronları metale bağlayan kuvvetlerin aşılarak elektronların metalden sökülebileceğini düşündükleri belirlenmiştir. Aşağıda öğrenci yanıtlarından bazı alıntılara yer verilmiştir.

"Işığın hem elektrik alan hem de manyetik alan bileşeni vardır. [Işığın] Elektrik alan bileşeni metaldeki elektronlarla etkileşir ve onlara kuvvet uygular.Işığın şiddetinin artması elektrik alan bileşeninin artması anlamına gelir. Böylece elektronları metale bağlayan kuvvetler yenilebilir ve elektron metalden sökülür."

"Devreden akım geçmemesinin sebebi ışık şiddetinin yeterince büyük olmamasıdır. Elektronları metal levhanın atomlarına bağlayan kuvvetler büyük olabilir. Bu durumda düşük şiddetli ışık elektronları metal levhadan sökemez."

Deneydeki problemin üreticinin potansiyelinin yeterince büyük olmamasından kaynaklandığını düşünen öğrencilerde ise iki farklı tür kavram yanlışlığının bulunduğu belirlenmiştir. Bu kavram yanlışlarından ilki devreden Ohm Yasasına göre akım geçeceğine yönelik düşüncedir. Katılımcılardan 5'i bu düşünce doğrultusunda açıklamalarda bulunmuştur. Aşağıda öğrenci yanıtlarından bir alıntıya yer verilmiştir.

"Devreden akım geçmesini sağlamak için üreticinin geriliminin artırılması gerekir. Üreticinin gerilimi değiştirildiğinde $V=I.R$ denklemine göre akım oluşacaktır. Bu akım gerilimle doğru orantılı olarak artacaktır."

Katılımcıların 3'ünün ise üreticinin katot levhanın yüklenmesini sağladığını düşündükleri belirlenmiştir. Bu öğrencilere göre katot levhadan sökülen elektronlar, üreticinin tarafından sağlanmaktadır. Aşağıda öğrenci yanıtlarından bir alıntıya yer verilmiştir.

"Fotoelektrik olayda katot levhadan ışık yardımıyla elektron sökülür. Üreticinin "-" kutbunun bağlandığı levha katot ismini alır. Üreteç bu levhada elektron birikmesini sağlar. Katot, ışık kullanılarak aydınlatılırsa gelen fotonlar bu elektronlarla çarpışırlar. Enerjisini çarptıkları elektronlara aktaran fotonlar bu elektronların sökülmesini sağlarlar. Üreteç 0V kademesinde olduğu için katot levhada elektron birikmemektedir. Bu nedenle levhaya ışık düşürülse de akım oluşmaz."

İkinci çalışma yaprağına verilen yanıtlar incelenerek öğrencilerde iki farklı kavram yanlışlığının daha bulunduğu belirlenmiştir. Bu kavramlardan ilki devreye ters bağlı üreticinin metalin bağlanma enerjisini arttıracakı düşüncesidir. Aşağıda öğrenci yanıtlarından bir alıntıya yer verilmiştir.

"Üreteç katot levhanın bağlanma enerjisini arttırmaktadır. $E_p = E_B + E_K$ denklemine göre fotoelektronların kinetik enerjisi azalır. Üreticinin gerilimi çok büyükse elektronlar sökülür ama karşı levhaya ulaşamaz."

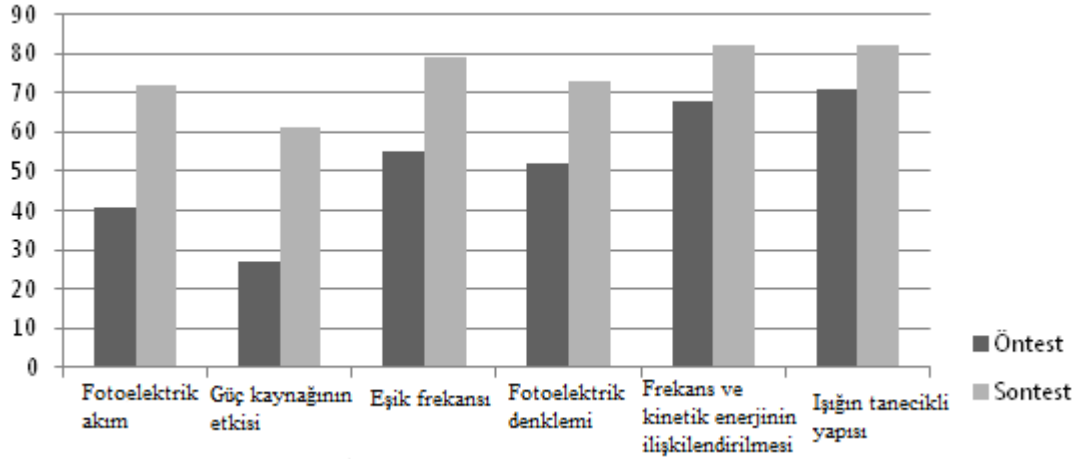
Öğrencilerde bulunduğu belirlenen bir başka kavram yanlışlığı ise fotoelektrik tüpte bulunan elektron sayısının artmasıyla bu elektronların üreticinin tarafından durdurulmasının zorlaşacağı düşüncesidir. Aşağıda öğrencilerin yanıtlarından bir alıntıya yer verilmiştir."

"Devreden akım geçmemesinin nedeni ışık şiddetinin yeterli olmamasıdır. Her foton yalnızca bir elektronla etkileşip onu sökebilir. Işık şiddeti düşük olduğu için metal levhadan az sayıda elektron sökülebilmektedir. Devreye ters bağlı üreticinin bu az sayıdaki elektronu durdurabilmektedir. Araştırmacılar ışık şiddetini arttırlarsa daha çok elektron sökülür ve bu elektronların bir kısmı karşı levhaya ulaşmayı başarır."

Fotoelektrik Olay Kavram Testinden Elde Edilen Bulgular

Şekil 3'te öğretmen adaylarının FEKT'de yer alan kavramlara vermiş oldukları doğru yanıt yüzdeleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Buna göre uygulama öncesinde öğretmen adaylarının en çok güç kaynağının fotoelektrik olay deneyine etkisi hakkında kavram yanlışlığına sahip olduğu görülmektedir. En az yanlışlığa düşülen kavram ise ışığın tanecikli yapısı hakkında olmaktadır. Uygulama sonunda testte yer alan tüm kavram gruplarının doğru yanıtlanma yüzdelerinde artış olduğu görülmektedir. Aşağıda bu farkların anlamlılığını ve çalışma grubunun kavramsal gelişimini sınanan analizlere yer verilmiştir.



Şekil 3. FEKT'de yer alan kavramlara verilen doğru yanıtların yüzdeler dağılımı

Tablo 2'de öğretmen adaylarının FEKT'de yer alan kavram gruplarından ve testin bütününden almış oldukları ön test ve son test puanlarının ortalama ve standart sapmaları görülmektedir.

Tablo 2

FEKT için betimleyici istatistik

| Kavram | Öntest | | | Sontest | | |
|---|--------|----------|------|---------|----------|------|
| | N | Ortalama | Ss | N | Ortalama | Ss |
| Fotoelektrik akım | 28 | 1.22 | 0,95 | 28 | 2.15 | 0.93 |
| Güç kaynağının etkisi | 28 | 0.82 | 0.94 | 28 | 1.81 | 0.81 |
| Eşik frekansı | 28 | 1.11 | 0.57 | 28 | 1.57 | 0.50 |
| Einstein'in fotoelektrik denklemi | 28 | 1.57 | 0.88 | 28 | 2.17 | 0.72 |
| Frekans ve kinetik enerjinin ilişkilendirilmesi | 28 | 1.36 | 0.68 | 28 | 1.64 | 0.55 |
| Işığın tanecikli yapısı | 28 | 0.71 | 0.46 | 28 | 0.82 | 0.42 |
| Testin bütünü | 28 | 6.78 | 2.86 | 28 | 10.14 | 1.80 |

Tablo 2 incelendiğinde öğretmen adaylarının FEKT'nin öntest uygulamasından almış oldukları puanların ortalamasının 6.78, sontest uygulamasından almış oldukları puanların ortalamasının ise 10.14 olduğu görülmektedir. Shapiro-Wilk testi sonunda FEKT'nin öntest-sontest fark puanlarının normal dağılım gösterdiği belirlendiğinden ($p=.17$) ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlılığını test etmek için eşleştirilmiş gruplar t testinden yararlanılmıştır (Tablo 3). Bu test ilişkili iki örneklemin ortalamaları arasındaki farkın sıfırdan anlamlı düzeyde farklı olup olmadığını belirlemek için yapılır (Büyüköztürk, 2007).

Tablo 3

Öntest-sontest fark puanları için eşleştirilmiş gruplar t-testi

| Test | Ortalama | Ss | sd | t | p |
|---------|----------|------|----|------|------|
| Öntest | 6.78 | 2.86 | 27 | 9.60 | .00* |
| Sontest | 10.14 | 1.80 | | | |

* $p<.05$

Analiz sonucunda çalışma grubunun son test puanlarının ön test puanlarına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($t_{27}=9.60$, $p<.05$). Bu bulgu, öğretmen adaylarının fotoelektrik olay konusundaki kavramsal anlamalarının uygulama öncesine göre önemli düzeyde arttığını göstermektedir.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma bulguları, öğrencilerin devreye bağlanan üretcin fotoelektrik olay deneyine etkisini anlamakta güçlük çektiklerini göstermektedir. Öğrencilerin bir kısmı üretcin devreden Ohm Yasası uyarınca ($V=I.R$) akım geçirdiğini düşünürken, bir kısmının ise üretcin katotta elektron birikmesini sağladığını düşündükleri belirlenmiştir. Öğrencilerde devreden Ohm Yasasına göre akım geçeceğine yönelik kavram yanlışlarının bulunduğu Steinberg ve Oberem (2000) de vurgulamaktadır. Bununla birlikte üretcin katot levhada elektron birikmesini sağladığına yönelik kavram yanlışlarına alanyazındaki çalışmalarda rastlanmamıştır. Bu yanlışın temelinde üretcin elektron kaynağı olarak düşünülmesi yatmaktadır. FEKT'nin ön bulguları da öğrencilerin üretcin fotoelektrik olay deneyine etkisi üzerine kavram yanlışlarının var olduğunu göstermektedir. Katılımcıların yaklaşık %30'u üretcin deneye olan etkilerine yönelik sorulara doğru yanıt verebilmiştir.

Uygulama sonunda öğrencilerin çalışma yapraklarına verdikleri yanıtlarda üretcin etkisine yönelik kavram yanlışlarının tamamen ortadan kalktığı belirlenmiştir. Uygulamada kullanılan simülasyon üretcin gerilimini değiştirmeye ve buna bağlı olarak deneyde meydana gelen değişiklikleri gözlemlemeye izin vermektedir. Öğrenciler üretcin uçları arasındaki potansiyel farkı değiştirerek akım şiddeti-gerilim (I-V) grafiği çizmişler ve buna bağlı olarak devreden Ohm Yasasına göre akım geçmediğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca üretcin gerilimini sıfır yaptıklarında da devreden akım geçmeye devam ettiğini görmüşlerdir. Bu durum fotoelektrik olayda, devreden akım geçmesini sağlamak için üretece ihtiyaç olmadığını anlamalarını sağlamıştır.

Araştırmada çalışma yapraklarının çözümlenmesi ile belirlenen bir başka kavram yanlışlığı ise "ışık şiddetinin artırılarak elektronları metale bağlayan kuvvetlerin aşılabileceği" düşüncesidir. Bu durum öğrencilerin eşik frekansı kavramını anlamadıklarını göstermektedir. Kavram testi bulguları da bu bulguyu destekler niteliktedir. Öğrencilerin ışık şiddetine yönelik yaptıkları açıklamalar incelendiğinde, fotoelektrik olayı ışığı bir elektromanyetik dalga olarak ele alarak açıklamaya çalıştıklarını göstermektedir. FEKT'nin ön uygulamasında öğrencilerin büyük çoğunluğu fotoelektrik olayın ışığın tanecik özelliğini kanıtladığını ifade etmiş fakat araştırmada kendilerine sunulan probleme çözüm getirirken ışığı dalga olarak ele almışlardır. Bu durum öğrencilerin ışığın ikili doğası hakkında kesin bir yargıya ulaşamadıklarını göstermektedir. Steinberg ve Oberem (2000)'e göre birçok öğrenci foton ve fotoelektrik olay hakkında fonksiyonel bir anlayıştan yoksundur. Klassen (2011) de öğrencilerin foton kavramını açıklamakta güçlük çektiğini belirtmektedir. Steinberg ve Oberem (2000), bazı öğrencilerin fotonu uzayda sinüzoidal hareket eden noktasal bir parçacık olarak tanımladığını belirlemişlerdir.

Uygulama sonunda öğrencilerde eşik frekansı kavramının geliştiği görülmektedir. Çalışma yapraklarında metalden elektron sökülememesinin nedeni olarak ışık şiddetinin yetersizliğini gösteren öğrencilerin tamamı açıklamalarını ışığın enerjisindeki yetersizlik olarak değiştirmişlerdir. Ayrıca kavram testinde eşik frekansı ile ilgili sorulardan alınan puanlar uygulama sonunda artmıştır. Fotoelektrik olay simülasyonu ışığın hem şiddetini hem de enerjisini değiştirerek ölçüm almaya uygun şekilde tasarlanmıştır. Öğrenciler ışığın frekansını kontrol değişkeni, ışığın şiddetini bağımsız değişken ve fotoelektrik akımı bağımlı değişken olarak ele aldıklarında, şiddete bağlı olarak akımın değişmediğini gözlemlemişlerdir. Bu durum eşik frekansı aşılmadan ışık şiddeti ile fotoelektrik akımı ilişkilendiremeyeceklerini anlamalarına olanak sağlamıştır.

Araştırmada ulaşılan bir diğer kavram yanlışlığı ise metalin bağlanma enerjisine yöneliktir. Katılımcılardan bir kısmının üretcin metalin bağlanma enerjisini etkileyebileceğini düşündükleri görülmektedir. Benzer bir bulgu McKagan ve diğerleri (2009) tarafından da rapor edilmiştir. Bununla birlikte öğrencilerde metal levhadan sökülen elektron sayısı arttıkça bu elektronların üreteç tarafından durdurulmasının zorlaşacağı gibi bir kavram yanlışlığının da bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum öğrencilerin Einstein'ın fotoelektrik olay denklemini açıklamakta güçlük çektiğini göstermektedir.

Araştırmada sunulan problemlerin çözümü için yanlış hipotezler kuran öğrencilerin tamamının, simülasyon destekli deney etkinliklerinin sonunda, yaptıkları hataları fark ederek doğru hipotezlere ulaşabildikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin söz konusu problemlerin çözümü için sahip oldukları kavram yanlışlarını barındıran açıklamalarının yerini uygulama sonunda bilimsel anlamda doğru kabul edilen açıklamaların aldığı görülmüştür. Bununla birlikte öğrencilerin FEKT puanlarının da uygulama sonunda anlamlı düzeyde artış gösterdiği belirlenmiştir. Araştırma bulguları simülasyon destekli sorgulama temelli öğretimin öğrencilerin fotoelektrik olay konusundaki kavram yanlışlarını gidermekte etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırmada kullanılan simülasyon öğrencilere sanal bir fotoelektrik olay deney düzeneği sağlamaktadır. Bu deney düzeneği sayesinde öğrenciler elektronların katot levhadan sökülmesi ve sökülen elektronların metal levhalar arasında bir takım değişkenlere bağlı olarak hızlanıp yavaşlaması gibi mikroskobik düzeyde gerçekleşen ve gerçek bir laboratuvar ortamında doğrudan gözlemlenme olasılığı bulunmayan olayları görme olanağı bulmuşlardır. Sorgulama temelli öğrenme ortamının bu simülasyonla desteklenmesi ile öğrenciler manipüle ettikleri bağımsız değişkenin bir bağımlı değişken üzerindeki etkisini doğrudan gözlemleyebilmişlerdir. Bu da etkili bir şekilde hipotezlerini test edip sonuca ulaşmalarını sağlamıştır. Zacharia ve Anderson (2003), sorgulama temelli laboratuvar etkinliklerini bilgisayar simülasyonları ile destekledikleri çalışmalarında, uyguladıkları yöntemin anlamlı düzeyde kavramsal değişim sağladığını belirtmektedir. Fan, Geelan ve Gillies (2018) ve Srisawasdi ve Panjaburee (2015) de bilgisayar simülasyonları ile desteklenen sorgulama temelli öğrenme yönteminin öğrencilerin kavramsal anlamaları üzerinde olumlu etkilerini rapor etmişlerdir. Bunlarla birlikte alanyazında simülasyon destekli sorgulamalı temelli öğrenme ortamlarının öğrencilere daha etkili öğrenme fırsatları sağladığını gösteren başka çalışmalarda bulunmaktadır (Chen, 2010; Lin, Hsu & Yek, 2012; Mulder, Lazonder, de Joung & Bollen, 2012; Srisawasdi, Junphon & Panjaburee, 2013).

Geçmiş yıllarda yapılmış çalışmalar öğrencilerin fen öğretimine, öğretilecek kavram veya olayla ilgili bir takım ön bilgi ve inanışlarla geldiğini göstermektedir (Duit & Treagust, 2003). Bu ön bilgiler her zaman bilimsel anlamda doğru olmaya bilir. Fotoelektrik olay söz konusu olduğunda ise durum daha da karmaşık bir hal alır. Çünkü fotoelektrik olayı açıklayabilmek için öğrencilerin ışığın tanecikli yapısını kullanmaları gerekir. Oysa öğrenciler öğrenim hayatları boyunca lise son sınıfa kadar ışığın dalga özelliğini öğrenerek gelirler. Bu ön bilgiler öğrencilerin geçmişteki deneyimleri sonucu ve formal öğrenme ortamlarında kazanılmış oldukları bilgilerdir. Deneyim sonucu kazanılan bilgi ancak yeni bir deneyim ile sınanması ve işlevsiz bulunması durumunda değişime hazır hale gelir. Bu nedenle düz anlatım yöntemiyle işlenen Modern Fizik I dersi içerisinde konu ile ilgili yaygın kavram yanlışlarından bahsedilmiş olsa da bu yanlışlar giderilememiştir. Yapılan uygulamada ise öğrencilerin verilen problem durumu üzerine düşünceleri ve mevcut bilgi birikimleri ile problemin nedenleri ve çözüm yolları üzerine fikir üretmeleri sağlanmıştır. Böylece öğrenciler mevcut bilgileri doğrultusunda, doğruluğundan emin oldukları hipotezler kurmuşlardır. Hipotezlerini simülasyon deneyi ile sınadıklarında ise beklentilerinin dışında sonuçlarla karşılaşmışlardır. Böylece öğrenciler mevcut bilgilerinin böyle bir problemi çözmek için yetersiz olduğunun farkına varmışlardır ve kavramsal değişimin ilk basamağı olan "hoşnutsuzluk" sağlanmıştır. Bu durum öğrencilerin mevcut bilgilerini sorgulamalarına neden olarak, onları kendilerini doğru sonuca ulaştıracak yeni bilgiyi aramaya yöneltmiştir. Öğrencilerin simülasyon deneyleri ile çürüttükleri hipotezler yerine karşılaştıkları problemleri çözmelerini sağlayacak yeni hipotezler kurmaları, yeni kavramlar ortaya koymalarını sağlamıştır. Son hipotezlerinin simülasyon deneyleri ile doğrulanması ise bu yeni kavramı öğrenciler için makul hale getirmiştir. Böylece kavramsal değişim sürecinin bir başka basamağı olan "makullük" ilkesi sağlanmıştır. Uygulamadaki etkinlikler bir önceki etkinlikten elde edilen kavramın ardından gelen etkinlikte ön bilgi olarak kullanılacağı şekilde tasarlanmıştır. Böylece öğrenciler edindikleri yeni kavramın başka problemlerin çözümüne de katkı sağladığını fark etmişlerdir ve "verimlilik" ilkesi sağlanmıştır. Araştırmada öğrencilerden yaptıkları her deney için bir rapor hazırlamaları istenmiştir. Böylece öğrencilerin ulaştıkları yeni kavramı alanyazında yer alan bilgiler ile karşılaştırmaları ve edindikleri yeni kavramın tutarlılığını fark etmeleri sağlanmıştır.

Bu araştırma Modern Fizik dersine kayıtlı 28 öğretmen adayından toplanan verilerle sınırlıdır. Bu durum bulguların genellenebilirliğini azaltsa da kavram testinin fark puanlarına ilişkin verilerinin normal dağılım göstermesi parametrik test kullanımına imkan vermiştir. Katılımcı sayısındaki sınırlılık araştırmanın deneme öncesi modellerden "tek grup ön test-son test" modeline göre desenlenmesini gerektirmiştir. İleride daha büyük örneklerle yapılacak ve yarı deneysel ya da gerçek deneysel modellerle desenlenecek

araştırmalardan toplanacak veriler bu araştırmanın bulguları ile karşılaştırılabilir. Araştırmada ele alınan fotoelektrik olay konusu Modern Fizik I dersi içeriği ile sınırlıdır. Bu nedenle daha üst düzeyde teorik bilgi gerektiren konular (bağlanma enerjilerinin bant yapılarıyla açıklanması gibi) çalışmanın kapsamı içerisine alınmamıştır. Uygulama için hazırlanan etkinlikler fotoelektrik olay simülasyonu ile yaptırılacak deneyler ile sınırlıdır. Kullanılan simülasyon bir çok değişkenin fotoelektrik olay üzerindeki etkisini incelemeye olanak tanıyan başarılı bir uygulama olsa da anot ve katot metallerinin farklı maddelerden yapıldığı durumlardaki değişkenleri incelemeye fırsat vermemektedir. Fotoelektrik olay konusunda daha farklı simülasyonlarda hazırlanarak bu simülasyonlarla desteklenen sorgulama temelli etkinliklerin daha farklı kavram yanlışları üzerindeki etkileri de araştırılmalıdır.

Fotoelektrik olay gibi fizik tarihinin dönüm noktalarını oluşturan, uzun yıllar sahip olduğumuz kavramların içeriğini değiştiren ve ileri fizik konuları için köprü teşkil eden konular işlenirken öğrencilerin mevcut kavramlarındaki eksikliklerin farkına varmalarını sağlayacak sorgulamaya dayalı öğrenme ortamları oluşturulmalıdır. Modern Fiziğin içeriğini oluşturan pek çok konu mikroskobik düzeyde gerçekleştiği için öğrenciler tarafından doğrudan gözlemlenme olanakları yoktur. Bu nedenle sorgulamaya dayalı öğrenme ortamları bilgisayar simülasyonları ile desteklenmelidir. Böylelikle öğrencilerin bu olayların nasıl gerçekleştiğini ve bir takım değişkenlerin bu olaylar üzerinde etkisinin olup olmadığını doğrudan gözlemlenmeleri sağlayacaktır. Fiziğin bir çok konusu ile ilgili geliştirilmiş simülasyonlara üniversitelerin web sayfalarından ücretsiz ulaşılabilir. Ayrıca mevcut bilgisayar teknolojisi mekanikten modern fiziğe kadar pek çok konuya ilişkin simülasyonun kolayca hazırlanabilmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda günümüz eğitimcilerinin bu simülasyonları hazırlayıp kullanabilecek düzeyde bilgisayar okur yazarı olmaları önemlidir.

KAYNAKÇA/REFERENCES

- Anıl, Ö. & Küçüközer, H. (2017). Ortaöğretim Öğrencilerinin aynalar konusundaki kavramsal anlamalarının analizi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 43, 78-112.
- Büyüköztürk, Ş. (2007). *Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı*, Ankara: Pegem A Yayıncılık
- Chen, S. (2010). The view of scientific inquiry conveyed by simulation-based virtual laboratories. *Computers and Education*, 55(3), 1123-1130.
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-202. DOI: 10.2307/1170753
- Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Einstein, A. (1905). Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt [Concerning an Heuristic Point of View Toward the Emission and Transformation of Light]. *Annalen der Physik*, 17, 132-148.
- Eryılmaz, A. & Tatlı, A. (2000). ODTÜ öğrencilerinin mekanik konusundaki kavram yanlışları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 93 - 98.
- Fan, X., Geelan, D. & Gillies, R. (2018). Evaluating a novel instructional sequence for conceptual Change in physics using interactive simulations. *Education Sciences*, 8(1), 29. doi:10.3390/educsci8010029
- Jaakkola, T., Nurmi, S. & Veermans, K. (2011). A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71-93
- Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer Simulations in Physics Teaching and Learning: A Case Study On Students' Understanding of Trajectory Motion, *Computers & Education*, 36, 183-204.
- Johnstone, A. E. & Kellett, N. C. (1980). Learning difficulties in school science toward a working hypothesis. *International Journal of Science Education*, 2(2), 175-181.
- Karasar, N. (2002). Bilimsel Araştırma Yöntemi. Ankara: Pegem A Yayınevi.
- Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), 898-921.
- Klassen, S. (2011). The photoelectric effect: Reconstructing the story for the physics classroom. *Science and Education*, 20(7), 719-731.

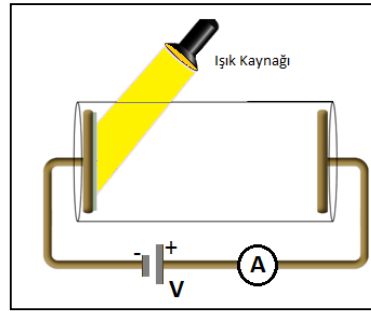
- Kural, M. (2015). Sıcak kavramsal değişim için öğretim: fotoelektrik olay örneği. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9(2), 85-124.
- Lin, L. F., Hsu, Y.S. & Yeh, L.F. (2012). The role of computer simulation in an inquiry-based learning environment: Reconstructing geological events as geologists. *Journal of Science Education and Technology*, 21(3), 370-383.
- Manly, B. F. J. (1992). *The Design and Analysis of Research Studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McKagan, S. B., Handley, W., Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2009). A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, (77), 87-94.
- Mulder, Y. G., Lazonder A. W., de Jong, T. & Bollen, L. (2012). Validating and optimizing the effects of model progression in simulation-based inquiry learning. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 722-729.
- Niaz, M., Klassen, S., McMillan, B., & Metz, D. (2010). Reconstruction of the history of the photoelectric effect and its implications for general physics textbooks. *Science Studies and Science Education*, 94, 903-931.
- Önder, F. (2016). Development and validation of the photoelectric effect concept inventory. *European Journal of Physics*, 37(5), 1-18.
- Paliç Şadoğlu, G. ve Akdeniz, A.R. (2015). 7E Öğrenme Modeline Yönelik Tasarlanan Materyallerin Lise Öğrencilerinin Modern Fizik Başarılarına Etkisi. *Journal of Computer and Education Research*, 3(5), 96-129.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, S. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning* (9), 81-95.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review* (14), 47-61.
- PhET Benzetimleri (2006). Fotoelektrik olay v. 1.10. <https://phet.colorado.edu/tr/simulation/legacy/photoelectric> adresinden erişildi.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138.
- Sarı, U., & Bakır Güven, G. (2013). Etkileşimli tahta destekli sorgulamaya dayalı fizik öğretiminin başarı ve motivasyona etkisi ve öğretmen adaylarının öğretime yönelik görüşleri. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 7(2), 110-143.
- Srisawasdi, N. & Panjaburee, P. (2015). Exploring effectiveness of simulation-based inquiry learning in science with integration of formative assessment. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 323-352.
- Srisawasdi, N., Junphon, S. & Panjaburee, P. (2013). Effect of simulation-based inquiry with dual-situated learning model on change of student's conception Tan, S. C. et al. (Eds.). *Workshop Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education* (pp. 147-154). Indonesia: Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Steinberg, R. N., & Oberem, G. E. (2000). Research-based instructional software in modern physics. *J. Comput. Math. Sci. Teach.*, 19, 115-136.
- 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(11), 13370-1379.
- Strike, K., & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. *Philosophy of science, cognitive Psychology, and educational theory and practice* (s. 147-176). Albany: State University of New York Press.
- Styler, F.D., (1996). Common misconceptions regarding quantum mechanics. *American Journal of Physics*, Volume: 64, 31-34.
- Tao, P., & Gunstone, R. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of research in science teaching*, 36(7), 859-882.
- Taşlıdere, E. (2015). A study investigating the effect of treatment developed by integrating the 5E and simulation on pre-service science teachers' achievement in photoelectric effect. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 1-16.
- Uzun, E., & Karaman, İ. (2015). Slow motion animasyon tekniği ile fotoelektrik olay konusunun modellenmesi ve öğrenci görüşleri. *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(2), 211-226.
- Wenning, C. J. (2008). Dealing more effectively with alternative conceptions in science. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 51(1), 11-19.

- Wong, D., Lee, P., Shenghan, G., Xuezhou, W., Qi, H. Y., & Kit, F. S. (2011). The photoelectric effect: experimental confirmation concerning a widespread misconception in the theory. *European Journal of Physics* (32), 1059-1064.
- Yağbasan, R. ve Gülçiçek, Ç. (2003). Fen öğretiminde kavramyanılıgılarının karakteristiklerinin tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13, 102-120.
- Yıldız, A., & Büyükkasap, E. (2011). Öğretmen adaylarının fotoelektrik olayını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazmanın başarıya etkisi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 11(4), 2259-2274.
- Zacharia C. & Anderson O.R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71 (6), 618-629.

EK A. Sorgulama Temelli Etkinlik 1

Etkinlik 1

BİLGİ: Şekildeki ışık kaynağı ile ışığın enerjisi ve şiddeti değiştirilebilmektedir. Fotoelektrik tüpe bağlı üreteç ise -8V ile +8V arasında değişen potansiyel fark oluşturabilmektedir.



Yapılan bir deneyde ışık kaynağı maksimum ışık şiddetinin %10 unu gönderecek şekilde ayarlanarak 200nm dalgaboylu ışık metal levha üzerine düşürülmüştür. Üreteç ise 0V kademesine ayarlanmıştır. Bu sırada araştırmacılar ampermetreyi kontrol ettiklerinde devreden akım geçmediğini gözlemlemişlerdir.

Devreden neden akım geçmiyor olabilir?

.....

.....

Akım geçmesini sağlamak için araştırmacıların ne yapması gerekir?

.....

.....

Hipotez:

.....

.....

Hipotezinizi fotoelektrik olay simülasyonundan yararlanarak sınavınız.

Deney verileri:

.....

.....

Sonuç:

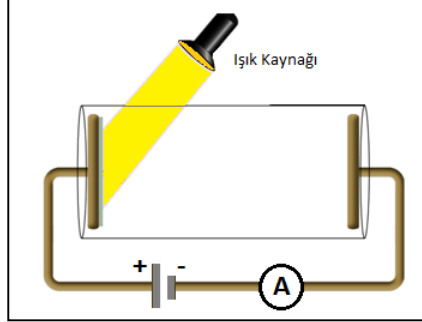
.....

.....

EK B. Sorgulama Temelli Etkinlik 2

Etkinlik 2

BİLGİ: Şekildeki ışık kaynağı ile ışığın enerjisi ve şiddeti değiştirilebilmektedir. Fotoelektrik tüpe bağlı üreteç ise -8V ile +8V arasında değişen potansiyel fark oluşturabilmektedir.



Araştırmacılar bu kez fototüpe 5V luk sabit gerilim kaynağını bağlayarak fotoelektrik deneyi gerçekleştiriyorlar. Işık kaynağı maksimum ışık şiddetinin %10 unu gönderecek şekilde ayarlanarak 200nm dalgaboylu ışık metal levha üzerine düşürülmüştür. Işığın frekansı ve şiddeti ilk deneydeki gibi değiştirilebilmektedir. Araştırmacılar levhadan elektron sökülmesine rağmen devreden akım geçmediğini belirlediklerine göre;

Devreden akım geçmemesinin nedeni ne olabilir?

.....
.....

Devreden akım geçmesini sağlamak için neler yapılabilir? Açıklayınız.

.....
.....

Hipotez:

.....
.....

Hipotezinizi fotoelektrik olay simülasyonundan yararlanarak sınavınız.

Deney verileri:

.....
.....
.....
.....

Sonuç:

.....
.....

İletişim/Correspondence

Dr. Fatih ÖNDER

fatih.onder@deu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Esra BİLAL ÖNDER

esra.bilal@deu.edu.tr