

7E Öğrenme Modeline Yönelik Tasarlanan Materyallerin Lise Öğrencilerinin Modern Fizik Başarılarına Etkisi

Effect of Designed Materials According to 7E Learning Model on Success of High School Students in Modern Physics

Günay PALIÇ ŞADOĞLU¹, Ali Rıza AKDENİZ²

Öz

Bu çalışmada, lise öğrencilerinin Modern Fizik Ünitesi'nde yer alan Kara Cisim Işıması, Fotoelektrik Olay ve Compton Olayı konularına yönelik 7E öğrenme modeline uygun öğrenci ve öğretmen ders materyallerinin geliştirilmesi ve bu materyallerin öğrenci başarısı üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada deney ve kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Deney grubunda 7E öğrenme modeline göre uygulama yapılmış olup, kontrol grubunda ise geleneksel öğretime göre dersler yürütülmüştür. Çalışmanın örneklemini, bir Anadolu Lisesi'nde öğrenim gören toplam 50 öğrenci ve bu okulda görev yapan 1 fizik öğretmeni oluşturmaktadır. Çalışmanın verileri, 7 açık uçlu sorudan oluşan Modern Fizik Başarı Testi ile toplanmıştır. Çalışmada 7E öğrenme modeli, öğrencilerin Kara Cisim Işıması, Fotoelektrik Olay ve Compton Olayı konularında öğrenci başarısını artırıcı yönde olumlu bir değişime neden olmuştur. Çalışmada 7E öğrenme modelinin, öğrencilerin kavramsal ve işlemsel öğrenmelerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: kara cisim ışması, fotoelektrik olay, compton olayı, 7E öğrenme modeli, lise öğrencileri.

Abstract

In this study, it is intended to develop class material for students and teachers in accordance with the 7E learning model and investigate effects of the material on students' achievement for Blackbody Radiation, Photoelectric Effect, and Compton Scattering subjects in Modern Physics Unit. In this study, it was used quasi-experimental design consisting of experimental and control groups. Subjects were taught according to 7E learning model in experimental group and traditional teaching was conducted in control group. The sample composed of 50 11th grade students from Anatolian High School and 1 physics teacher working at this school. Research data were collected by using Modern Physics Achievement Test consisting of seven open-ended questions. In this study, the results indicated that 7E learning model increased students' achievement for Blackbody Radiation, Photoelectric Effect, and Compton Scattering subjects. It is determined that 7E learning model affected positively students' conceptual and computational learning.

Keywords: blackbody radiation, photoelectric effect, compton scattering, 7E learning model, high school students.

DOI: 10.18009/jcer.79967

*Bu makale cross check sistemi tarafından taranmış ve bu sistem sonuçlarına göre orijinal bir makale olduğu tespit edilmiştir.

¹ Arş. Gör., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İlköğretim Bölümü, gunay.palic@erdogan.edu.tr

² Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi, Fizik Eğitimi ABD, arakdeniz@gmail.com



Giriş

Günümüzde amaçları, kazanımları, etkinlikleri, teknoloji ile ilişkisi, ölçme ve değerlendirme boyutları tanımlanmış çağdaş bir fizik öğretim programı hazırlanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu kapsamda, 2007 yılında fizik öğretim programında köklü bir değişim gerçekleştirilerek, başta konular olmak üzere, programın öğrenme yaklaşımı, öğrenme kuramı, yöntem-teknikleri ve materyal yapısında değişimlere gidilmiştir. Bununla birlikte, önceki fizik öğretim programlarında bilgi temelli olan fizik ders kitapları, etkinlik temelli, öğrencinin aktif olabileceği bir yapıya dönüştürülmüştür. Bu yeni durum öğretmenin, öğrencinin, ortamın ve ders materyallerinin yapı ve işlevlerinin yeniden gözden geçirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle öğrencilerin ve öğretmenlerin ders kitabı dışında faydalanabileceği, öğretmenlerin sınıflarında rahatlıkla anlayıp uygulayabileceği örnek ders materyallerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Fizik Öğretim Programı'nda, otantik ortamda ve performansa dayalı olarak bilgiyi ölçerken beceri ve tutumları ölçebilen tekniklerin kullanımı söz konusu olup, öğrenci veya öğretmen merkezli tüm öğrenme yöntem ve kuramların içerik, öğrenci, zaman ve olanaklara göre kullanılabilmesi görülmektedir. İçeriği çağa uygun olarak teknolojik konularla zenginleştirilen ve laboratuvar ve proje çalışmalarına ağırlık verilen programda, öğretmenlerin daha önce karşılaşmadıkları konular ve deneyler yer almaktadır. Programda kavramların gerçek yaşamla ilişkilendirilerek sunulması gerektiği, öğrencilerin günlük hayatta karşılaştıkları olayları derste öğrendikleri bilgilerini kullanarak yorumlamasına ve çözüm bulabilmesine olanak verilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Ayrıca fizik dersinde anlamlı bir öğrenme, öğrencilerin ön bilgilerinin kontrol edildiği, gerçek yaşamda karşılaştıkları bağlamların temel alındığı, zihinsel ve fiziksel olarak etkin olduğu ve kavramsal değişimin sağlandığı öğrenme ortamlarında gerçekleşmektedir (MEB, 2008). Bu anlamda, öğrencilerin zihinsel ve fiziksel aktif katılımını sağlayabilecek, öğrencilerin ön bilgilerini yoklayan, bireysel farklılıkları ön plana çıkaracak laboratuvar deneylerini ve sınıf etkinliklerini içeren, öğretmenlerin yararlanabileceği ve sınıflarında kolaylıkla uygulayabileceği, yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı örnek etkinliklerin geliştirilmesi bir çözüm olarak görülmektedir.

Wittrock tarafından geliştirilen ve Ausubel'in "öğrenmeyi etkileyen önemli faktör öğrencinin mevcut bilgi birikimidir" şeklinde ifade edilen düşüncesine dayanan

yapılandırmacı öğrenme kuramı, temelde öğrencilerin mevcut bilgilerini kullanarak yeni bilgi edinmelerini, öğrenmeyi ve kendine özgü bilgi oluşturmayı açıklamaya çalışan bir öğrenme kuramı olarak karşımıza çıkmaktadır (Hand ve Treagust, 1991; Turgut ve diğ., 1997; Appleton, 1997; Akt. Özmen, 2004). Diğer bir ifade ile yapılandırmacı öğrenme kuramı, bilginin öğrenen tarafından oluşturulduğu, her öğrenenin dışarıdan aldığı yeni bilgi ile sahip olduğu bilgileri ilişkilendirerek öğrendiği fikri üzerine odaklanmıştır (Çepni, Ayas, Ekiz ve Akyıldız, 2010). Bu kuram, bilginin geçici, gelişimsel, sosyal ve kültürel nitelikli olduğunu varsaymakta ve bireylerin dışarıdaki bilgiyi, olduğu gibi içselleştirerek edinemediklerini, çevre ile etkileşim içinde kendi içlerinde yapılandırma yoluyla edindiklerini ortaya koymaktadır (Brooks ve Brooks,, 1993, Kamii, Manning ve Manning, 1991; Şimşek, 2004; Çepni ve diğ., 2010).

Yapılandırmacı öğrenme kuramının fen eğitiminde ve öğrenme ortamlarında kullanımına yönelik çeşitli öğrenme modelleri önerilmekte, 5E ve 7E öğrenme modelleri ise yaygın olarak kullanılmaktadır. Bybee (2003) ve Eisenkraft (2003), 5E öğretim modelindeki basamakları geliştirerek 7E öğrenme modelini tanımlamışlardır. Eisenkraft (2003), merak uyandırma basamağını ön bilgileri yoklama ve merak uyandırma olarak ikiye ayırmıştır. Bybee (2003) ise Eisenkraft (2003)'tan farklı olarak, genişletme basamağına paylaşma/fikir alışverişi basamağını eklemiştir. Bu aşamada öğretmen zaman elverdiği sürece sınırsız sayıda örnek verebilir ve tartışma yapabilir. Eisenkraft bu aşamaya değerlendirmeden sonra yer verirken, aynı zamanda değerlendirmeden önce ve değerlendirme içerisinde de yer verilebileceğini ifade etmektedir (Eisenkraft, 2003; Akt. Kanlı, 2007; 2009). Bybee (2003) ise ön bilgileri yoklama aşamasını ayrı bir aşama olarak vurgulamayıp, merak uyandırma aşamasının içerisinde ifade ederken, ilişkilendirme aşamasını ise değerlendirme aşamasından önce ifade etmiştir. Ayrıca Eisenkraft'tan farklı olarak fikir alışverişi/paylaşma aşamasını ekleyerek bir anlamda bilginin sosyal etkileşimlerle oluştuğunu savunan sosyal yapılandırmacı kuramın ilkelerini dikkate almıştır (MMS, 2003; Akt. Kanlı, 2009).

Bybee (2003) tarafından geliştirilen 7E öğrenme modelinde, 7E öğrenme modelinin 5E öğrenme modelinin genişletme basamağından, sorgulama, işbirliği, iletişim, tartışma, paylaşma ve ilişkilendirmeyi öne çıkaran bir anlayışla ayrışmaktadır. İşbirliğine dayalı yaklaşımla işlenen derslerde öğrencilerin derse aktif olarak katıldıkları, birbirleriyle olan etkileşimlerinin arttığı, birbirlerinin öğrenmesine yardımcı oldukları ve derse yönelik olumlu

tutum geliştirdikleri dikkate alınrsa (Çopur ve Moğol, 2012; Ünsal ve Moğol, 2005; Yeşilyurt, 2009), öğrenme modelinin kavram değişimini sağlamada üstün yönleri izah edilebilir (Turgut ve Gürbüz, 2011). 7E öğrenme modelinin aşamalarının ayrıntılı olması sebebiyle daha nitelikli bir öğretimin gerçekleştirilebileceği, fakat öğretimin zaman alıcı olduğu ifade edilmektedir (Çepni ve diğ., 2001). Bu anlamda, 7E öğrenme modelinin giriş basamağı daha ayrıntılı tanımlandığı için öğrencilerin hazır bulunuşluklarında ve önbilgilerinin tespitinde, dolayısıyla kavram yanlışlarının belirlenmesinde daha etkili olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, 7E öğrenme modelinde aşamaların ayrıntılı olması sayesinde kavramsal değişmeyi gerçekleştirmek ve bilginin yapılandırılarak kazanılması noktasında 7E öğrenme modeli daha avantajlı olabilir.

Literatürde kuantum fiziği kavramları ile ilgili öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının tespiti, bu kavramlarının daha etkili öğrenilmesi ve öğretilmesi ile ilgili çalışmalar son yıllarda fizik eğitimi araştırmacılarının yoğun olarak ilgilendikleri bir çalışma alanı haline gelmiştir (Ayvacı, 2013; Çalışkan, Selçuk ve Erol, 2009; Özcan, 2011; Özdemir, 2008; Özdemir ve Erol, 2008; Sadaghiani, 2005; Şen, 2002; Vadnere ve Joshi, 2009; Yıldız, 2009; Yıldız ve Büyükkasap, 2011a; Yıldız ve Büyükkasap, 2011b). Bu çalışmalarda, öğrencilerin kuantum derslerini zor ve anlaşılmaz (soyut) olarak gördükleri, kuantum kavramlarının yeterince etkili öğrenilemediği ve öğrenilen kavramların kalıcı olmadığı belirtilmiştir (Didiş, Özcan ve Abak, 2008; Didiş, Eryılmaz ve Erkoç, 2010; Özcan, 2011; Steinberg, Wittman, Bao ve Redish, 1999; Singh, 2001; Singh, Belloni ve Christian, 2006; Zhu, 2011). Kuantum fiziği kavramlarının öğrenilmesinde yaşanan güçlükler arasında kuantum fiziğinin karmaşık matematiksel alt yapısı, soyut ve birbirine paralel olmayan kavramların olduğu belirtilmektedir (Akarsu, 2007; Akarsu 2011; Didiş, Eryılmaz ve Erkoç, 2010). Birçok öğrenci tarafından kuantum fiziği sadece matematiksel formüllere dayanmış ve anlaşılması güç olarak nitelendirilmektedir (Styer, 1997). Bunun sonucunda, öğrencilerin birçok kavram yanlışısının etkisiyle, çok düşük başarılar sergiledikleri ifade edilmektedir (Didiş, Özcan ve Abak, 2008; Singh, Belloni ve Christian, 2006; Styer, 1997; Yıldız ve Büyükkasap, 2011a).

11. sınıf modern fizik konularından; Kara Cisim ışıması (Planck, 1900), Fotoelektrik Olay (Einstein, 1905) ve Compton Saçılması (Compton, 1923) olayları, ışığın parçacık özelliğini yani elektromanyetik alan kuantumlarının (fotonların) varlığını gerektiren olaylar olup, modern kuantum kuramına yol açmışlardır (Bozdemir ve Eker, 2007). Akdeniz ve Paliç

(2012), lise 11. sınıf ünitelerinden biri olan modern fizik konularının genellikle yüzeysel işlendiği ya da geçiştirildiğini belirlemiştir. Bu durum modern fizik konularının soyut olması nedeniyle günlük yaşamla ilişkilendiril(e)mediğini ve bu nedenle öğrenilmede zorluk yaşandığını düşündürmektedir. Literatürde de, modern fizik konularının soyut olduğu ve bu nedenle öğrenilmede zorluk yaşandığı belirtilmektedir (Didiş, Özcan ve Abak, 2007; Didiş, Eryılmaz ve Erkoç, 2010; Özcan, 2011; Steinberg, Wittman, Bao ve Redish, 1999; Singh, 2001; Singh, Belloni ve Christian, 2006; Zhu, 2011). Bu anlamda, modern fizik konularının günlük hayatla ilişkilendirilmesi ve öğrenilenlerin yapılandırılarak kazanılması noktasında 7E öğrenme modeli gibi yapılandırmacı uygulamaların daha etkili olacağı düşünülmektedir. Modern fizik konularına yönelik yapılan çalışmalarda (ışık, fotoelektrik olay, Compton olayı, de Broglie dalga boyu ve modern atom modelleri), öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin öğretmen adaylarının akademik başarılarına etkisi araştırılmıştır (Yeşildağ, 2009; Yıldız, 2009; Yıldız ve Büyükkasap, 2011a; Yıldız ve Büyükkasap, 2011b).

Lise öğrencilerinin Modern Fizik Ünitesi'nde yer alan Kara Cisim Işması, Fotoelektrik Olay ve Compton Olayı konularına yönelik başarıları üzerinde 7E öğrenme modelinin etkisini araştıran çalışmalara rastlanmamıştır. Bu anlamda, 7E öğrenme modelinin öğrencilerin modern fizik konularına yönelik başarıları üzerindeki etkisini araştırmak, fen bilimleri eğitimine farklı bir bakış açısı kazandırmak açısından önemli olabilir. Bu çalışmada, lise Modern Fizik Ünitesi'nde yer alan Kara Cisim Işması, Fotoelektrik Olay ve Compton Olayı konularına yönelik 7E öğrenme modeline uygun öğrenci ve öğretmen ders materyalinin geliştirilmesi ve geliştirilen materyallerin sınıf ortamında uygulanması sonucunda öğrencilerin başarıları üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem

Çalışmada yarı deneysel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Yarı deneysel yöntem eğitim araştırmalarında sıklıkla kullanılmakta ve iç geçerliği tehdit edebilecek tarih, test etme ve araç gibi kaynaklardan gelen hatalar ya da değişkenler, deney ve kontrol grubunda aynı etkiye sahip olacağından kontrol edilebilmektedir (Çepni, 2010).

Araştırma Grubu

Bu çalışmanın araştırma grubunu bir Anadolu Lisesinde 11. sınıfta öğrenim gören 24'ü kontrol ve 26'sı deney grubu olmak üzere toplam 50 öğrenci oluşturmaktadır. Uygulama 2012-2013 eğitim öğretim yılında MEB'e bağlı Rize'de bir Anadolu lisesinde 11. sınıfta iki şube olmak üzere 1 deney ve 1 kontrol grubu seçilerek yapılmıştır.

Uygulama öncesi Rize il ve ilçelerindeki Fen, Anadolu Öğretmen, Anadolu ve Genel liselerde görev yapan 29 öğretmen ile fizik öğretim programı hakkında görüşülmüştür. Ayrıca Rize il bazında yapılan hizmet içi eğitim seminerlerine katılarak Rize genelinde görev yapan 47 öğretmen ile birebir görüşülmüştür. Görüşmeler dikkate alınarak, 2007 Fizik Öğretim Programı'nı olumlu ve olumsuz yönleriyle kritik edebilen 10 fizik öğretmeni belirlenmiştir. Belirlenen 10 öğretmen bir öğretim dönemi boyunca fizik dersleri kapsamında gözlemlenmiştir. Söyledikleri ile yaptıkları arasındaki tutarlılıkları, program hakkındaki bilgileri, yeniliğe olan açıklıkları dikkate alınarak gözlemlenen 10 öğretmen gözlemler sonrasında 4 öğretmene indirgenmiştir. Bu öğretmenler Fen Lisesi, Anadolu Öğretmen Lisesi ve Anadolu Lisesi'nde görev yapmakta olup, 11. sınıf modern fizik ünitesi kapsamında gözlemlenmiştir. Gözlemlerde öğretmenlerden birinin mesleki deneyiminin az olmasına bağlı olarak derslerinde sınıf hakimiyetini sağlamakta zorlandığı ve zaman kayıplarının yaşandığı görüldüğünden asıl uygulamaya dahil edilememiştir. Diğer bir öğretmen ise geliştirilecek ve uygulanacak olan materyalin zorluklarından bahsederek uygulamayı yürütemeyeceğini ifade ettiğinden uygulamaya dahil edilememiştir.

Veri Toplama Aracı

Çalışmada modern fizik ünitesinde yer alan Kara Cisim Işınması, Fotoelektrik Olay ve Compton Olayı konularının öğretimine yönelik 7E öğrenme modelinin öğrenci başarısı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, 7 açık uçlu sorudan oluşan "Modern Fizik Başarı Testi" kullanılmıştır. Başarı testinin puanlanması ise "Dereceli Puanlama Anahtarı" hazırlanarak kullanılmıştır.

Başarı testi, öğrencilerin kavramsal ve işlemsel becerilerine yönelik açık uçlu sorulardan oluştuğu için, öğrencilerin başarısı başarı testinde yer alan kavramsal ve işlemsel sorulara verdikleri yanıtlar ile sınırlandırılmıştır. Başarı testi Ek 1'de gösterilmektedir. Başarı testinin kazanımlar ile ne kadar örtüştüğünün, soruların öğrencilere uygunluğunun, içerik

doğruluğunun, soru puanlarının dağılımının ve belirlenen sürede soruların cevaplanabileceğinin belirlenmesi amacıyla, başarı testi Fizik Eğitimi Anabilim Dalı'nda bulunan 3 öğretim üyesi, 1 ölçme ve değerlendirme uzmanı ve MEB'e bağlı liselerde görev yapan 2 öğretmen tarafından incelenmiş ve gerekli görülen değişiklikler yapılmıştır.

Materyallerin Geliştirilme Süreci

Materyal hazırlanırken yapılandırmacı öğrenmenin temel ilkeleri göz önünde bulundurulmuş ve 7E öğrenme modeli aşamaları dikkate alınmıştır. Materyalin hazırlanmasında 11. Sınıf Fizik Öğretim Programı (MEB, 2008), 11. sınıf MEB fizik ders kitabı, öğretmen görüşleri, piyasada bulunan 11. sınıf fizik ders kitapları ve üniversitede okutulan fizik ders kitaplarından faydalanılmıştır. Hazırlanan materyaller, pilot çalışma öncesi 2 alan uzmanı, 3 alan eğitimi uzmanı, 1 ölçme değerlendirme uzmanı ve 2 fizik öğretmeni tarafından incelenmiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Geliştirilen materyallerin uygulama süreleri ise, pilot çalışma sonrası ve uzman görüşü doğrultusunda, Kara Cisim Işıması için 3 ders saati, Fotoelektrik Olay için 4 ders saati ve Compton Olayı için 4 ders saati olarak belirlenmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki uygulamalar dersin öğretmeni tarafından yürütülmüştür. Deney grubunda yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı 7E öğrenme modeline göre uygulama yapılmıştır. Kontrol grubunda ders süreci anlatım, soru-cevap, not tutturma, zaman zaman bilgisayardan faydalanma şeklinde olmuştur. Uygulama 4 haftalık bir süreçte 12 ders saatinde yürütülmüştür. Öğrenci ders materyali ve öğretmen materyalinden bir uygulama örneği Ek 2'de gösterilmektedir.

Verilerin Analizi

Açık uçlu soruların en önemli sınırlılığı puanlamadaki güvenilirliğin düşük olmasıdır. Bu nedenle başarı testinin puanlanmasında Dereceli Puanlama Anahtarı kullanılmıştır. Puanlama işleminin puanlama anahtarına göre yapılmasının, puanlamanın nesnel yollarla yapılması anlamına geldiği ve bu durumun puanların güvenilirliğini olumlu yönde etkileyeceği belirtilmektedir (Karaca ve diğ., 2008).

Dereceli Puanlama Anahtarı, ölçme değerlendirme alanında uzman olan 2 öğretim üyesi tarafından yardım alınarak hazırlanmıştır. Dereceli puan anahtarı 5'li kategoriden oluşmakta olup, her bir soru için en fazla 4 puan, en düşük ise 0 puan alınmaktadır. Tam

açıklama kategorisi; tamamen doğru açıklamaları içermekte olup, 4 puana karşılık gelmektedir. Eksik açıklama kategorisi; yapılan açıklamalar doğru fakat eksik ifadeler içermekte olup, 3 puana karşılık gelmektedir. Yanılgılı açıklama kategorisi; doğru açıklamalar yanında yanlış açıklamaları da içermekte olup, 2 puana karşılık gelmektedir. Tamamen yanılgılı açıklama kategorisi; tamamen yanlış açıklamaları içermekte olup, 1 puana karşılık gelmektedir. Boş veya ilişkisiz açıklama kategorisi; cevap verilmemiş veya soru ile ilişkili olmayan açıklamaları içermekte olup 0 puana karşılık gelmektedir.

Başarı testinin puanlanmasında güvenilirliği sağlamak için deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test ve son test kağıtları, hazırlanan dereceli puanlama anahtarına göre araştırmacı ve biri uygulayıcı öğretmen olmak üzere 2 öğretmen tarafından daha puanlanarak puanlar arası tutarlılığa bakılmıştır. Puanlayıcıların verdikleri puanların arasındaki tutarlılıkları incelemek için Küme İçi Korelasyon'a bakılmıştır.

Ortalamalar üzerinden yapılan analiz sonuçlarına göre; deney grubu ön testler için puanlamanın güvenilirliği .932, deney grubu son testler için puanlamanın güvenilirliği .988, kontrol grubu ön testler için puanlamanın güvenilirliği .977, kontrol grubu son testler için puanlamanın güvenilirliği .953 olarak belirlenmiştir. Ayrıca deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başarı testinden aldığı puanlar Excel programı kullanılarak analiz edilmiş ve grafiksel olarak yorumlanmıştır.

Bulgular

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başarı testinde yer alan sorulara verdikleri cevaplardan bazıları, testten aldıkları puanların dağılımı, ön ve son test ortalama puanlarının kıyaslanması, ön ve son testte her bir sorunun yapılma yüzdelerinin kıyaslanmasına yönelik grafikler burada sunulmaktadır. Öğrencilerin 1.soruya verdikleri cevaplardan bazıları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Öğrencilerin 1.Soruya Yönelik Cevapları

Cevaplar	Deney Grubu (f)		Kontrol Grubu (f)	
	Ön test	Son test	Ön test	Son test
Yuvarlak	11	18	14	23
Karalama / herhangi bir geometrik şekli yok	4	1	2	-
Çizim				
Kare	2	-	2	-
Yamuk	2	1	-	-
Küp (kutu)	1	5	-	-
Üçgen	-	1	-	-
Tanım				
Cismin etrafı(dışı) kara olan cisim	4	1	8	1
Üzerine düşen ışığı soğuran ve yansıtmayan cisim	-	12	-	3
Işığı soğuran ve yansıtan cisim	-	1	1	1
Işığı soğuran ve ısı yayan cisim	-	1	-	1
Örnek				
Kömür	-	8	1	10
Siyah renkli kıyafetler (Kara tişört, kara kazak...)	3	8	1	13
Kaya/duvar	2	2	2	3
İnsan	-	1	-	-
Güneş panelleri	-	2	-	-
Uzay/boşluk	2	1	-	-

Tablo 1’de, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön ve son testte kara cisim modeli olarak çoğunlukla yuvarlak bir şekil çizdikleri görülmektedir. Ön testte kara cisim, “dışı kara olan cisim” olarak tanımlanırken, son testte ise deney grubu öğrencilerinin “üzerine düşen ışığı soğuran ve yansıtmayan cisim” olarak tanımladıkları görülmektedir. Ayrıca son testte kontrol grubu öğrencilerinin siyah tişört, siyah silgi, kara kalem, siyah taş gibi örnekleri verdiği ve bu örneklerin çoğunlukla dışı kara olan cisimler ile ilgili örnekler olduğu görülmüştür.

Öğrencilerin 2.soruya verdikleri cevaplardan bazıları Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Öğrencilerin 2.Soruya Yönelik Cevapları

Cevaplar	Deney Grubu (f)		Kontrol Grubu (f)	
	Ön test	Son test	Ön test	Son test
Açıklama				
Güneş enerjisi şarj eder, elektronlar bobine gelerek manyetik alan oluşturur ve devre kapanarak alarm çalar.	8	-	10	-
Fotonlar elektronları sökerek karşı levhaya gönderir. Devrede oluşan akım bobin üzerinde manyetik alan oluşturur, çivi devreye değerek zil çalar.	5	16	3	13
Değişkenler				
Levhalar arası mesafe azaltılmalı	-	21	11	17
Levhalar arası mesafe artırılmalı	-	-	-	1
Levhanın yüzey alanı artırılmalı	5	20	11	13
Levhanın yüzey alanı azaltılmalı	-	-	2	1
Işık şiddeti artmalı	-	21	13	17
Gerilim artırılmalı	-	11	3	6
Gerilim azaltılmalı	-	7	6	7
Bağlanma enerjisi düşük metal levha kullanılmalı	-	11	-	4
Bağlanma enerjisi yüksek metal kullanılmalı	-	-	-	1
Metal yüzeyin cinsi önemsiz	-	-	-	1

Tablo 2’de, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön testte ışığın enerjisine bağlı olarak devreyi açıklamaya çalıştıkları fakat detaylı bilgi veremedikleri, son testte ise fotonların metal yüzeyden kopardığı elektronların hareketiyle devrede oluşan akıma bağlı olarak devreyi açıklamaya çalıştıkları görülmektedir. Ayrıca son testte, gerilimin azaltılması ile devredeki akımın artacağı yönünde ortak bir yanlgı olduğu görülmektedir.

Öğrencilerin 3.soruya verdikleri cevaplardan bazıları Tablo 3’te gösterilmektedir.

Tablo 3. Öğrencilerin 3.Soruya Yönelik Cevapları

Cevaplar	Deney Grubu (f)		Kontrol Grubu (f)		
	Ön test	Son test	Ön test	Son test	
Olayın adı	Compton	-	19	1	11
	Fotoelektrik	-	2	-	1
	Kara cisim ışıması	1	-	-	1
Fotonun dalga boyu	Azalır	4	6	6	3
	Artar	1	11	-	8
	Değişmez	-	-	-	1
Fotonun momentumu	Azalır	-	12	3	3
	Değişmez	-	2	-	2
Fotonun hızı	Azalır	2	5	2	-
	Artar	3	1	3	5
	Değişmez	-	13	-	2
Fotonun frekansı	Azalır	3	16	4	6
	Artar	2	3	2	5
	Değişmez	-	-	-	3
Fotonun enerjisi	Azalır	1	17	3	7
	Artar	2	3	2	-
	Değişmez	-	-	-	1
Fotonun momentumu	Artar	1	1	2	3
Elektronun enerjisi	Azalır	-	5	-	1
	Artar	3	8	2	3
	Değişmez	-	-	-	1
Elektronun hızı	Azalır	-	1	-	-
	Artar	4	6	2	3
	Değişmez	-	4	-	1
Toplam momentum ve enerji	Azalır	-	-	1	-
	Artar	-	-	-	1
	Korunur	2	14	2	6

Tablo 3’te deney grubu öğrencilerinin çoğunun ve kontrol grubu öğrencilerinin yarısının, yüksek enerjili bir foton ile serbest elektronun çarpışmasını compton olayı ile açıkladığı görülmektedir. Deney grubu öğrencilerinin ön testte çarpışma sonrası “fotonun dalga boyu azalır”, “fotonun hızı artar”, “fotonun enerjisi artar”, “fotonun frekansı artar” şeklinde yanlgılı cevap verdikleri görülmektedir. Son testte ise, “fotonun dalga boyu azalır”, “fotonun momentumu değişmez”, “elektronun enerjisi azalır”, “elektronun hızı

değişmez”, “fotonun momentumu artar”, “fotonun enerjisi artar” gibi yanılığlı ifadelerle rastlanmıştır. Ayrıca kontrol grubu öğrencilerinin son testte “fotonun frekansı artar”, “fotonun momentumu değişmez”, “fotonun momentumu artar”, “elektronun hızı değişmez”, “fotonun hızı artar”, “fotonun dalga boyu azalır” şeklinde yanılığlı ifadelerine rastlanmıştır.

Öğrencilerin 4.soruya verdikleri cevaplardan bazıları Tablo 4’te gösterilmektedir.

Tablo 4. Öğrencilerin 4.Soruya Yönelik Cevapları

Cevaplar	Deney Grubu (f)		Kontrol Grubu (f)	
	Ön test	Son test	Ön test	Son test
Işığın dalga boyu	arttıkça ışık şiddeti artar	1	-	-
	arttıkça ışığın frekansı artar	-	-	1
	azaldıkça ışığın şiddeti sonsuza doğru azalır	2	5	3
	azaldıkça ışık şiddeti max (belli bir yere kadar) olana kadar artar	-	12	7
Işık şiddeti	arttıkça fotonun enerjisi artar	-	4	-
	arttıkça fotonun enerjisi azalır	-	3	-
	arttıkça fotonun enerjisi değişmez	-	3	-
	arttıkça sökülen fotoelektronların kinetik enerjisi değişmez, fotoelektronların sayısı artar	1	7	-
	arttıkça sökülen fotoelektronların kinetik enerjisi azalır	-	2	-
Işığın frekansı	foton her frekans değerinde metal bir yüzeyden elektron koparabilir	1	1	-
	ışığın frekansı, enerjisi metal yüzeyin bağlanma enerjisinden büyük olmalı ki elektron sökebilsin	-	9	-
Işığın enerjisi	fotonun enerjisi arttıkça fotoelektronların kinetik enerjisi artar)	1	7	-
	ışımaya kesikli kesikli (paketçik halinde) olur	-	1	-
Çarpışma sonrası	saçılan fotonun dalga boyu artar	-	6	-
	saçılan elektronun dalga boyu artar	-	1	-
	foton elektron çarpışmasında, elektron çarpışma sonrası yeni fotonlar yayınlar	-	1	-

Tablo 4’te deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön testte soruyu cevaplayamadığı, son testte ise kontrol grubu öğrencilerinin sınırlı açıklama yaptığı görülmektedir. Son testte deney grubu öğrencilerinin cevapları arasında “ışığın dalga boyu küçüldükçe orantılı olarak şiddeti sonsuza doğru azalır”, “ışık şiddeti arttıkça fotonun enerjisi artar”, “ışık şiddeti arttıkça fotonun enerjisi azalır” şeklinde yanılığlı ifadelerin yer aldığı görülmektedir.

Öğrencilerin 5.soruya verdikleri cevaplardan bazıları Tablo 5’de gösterilmektedir.

Tablo 5. Öğrencilerin 5.Soruya Yönelik Cevapları

	Cevaplar	Deney Grubu (f)		Kontrol Grubu (f)			
		Ön test	Son test	Ön test	Son test		
Grafik A	Kinetik enerji	X in kinetik enerjisi Y den büyük	1	6	-	4	
		Y nin kinetik enerjisi X ten büyük	2	3	1	2	
		Eşit	3	10	1	11	
	Açı	Y nin açısı X ten büyük	1	2	-	1	
		X nin açısı Y den büyük	-	2	1	3	
		Eşit	4	17	-	13	
	Bağlanma enerjisi	X in bağlanma enerjisi Y den büyük	3	8	1	6	
		Y nin bağlanma enerjisi X ten büyük	-	3	-	4	
		Eşit	1	7	-	3	
Kesme potansiyeli	X in kesme potansiyeli Y den büyük	-	8	2	7		
	Y nin kesme potansiyeli X den büyük	-	8	-	5		
	Eşit	3	3	-	-		
Grafik B (1.grafik)	Işık şiddeti	X in ışık şiddeti Y den büyük	-	20	1	12	
		Akım	X in akımı Y den büyük	-	8	2	4
		Eşit	-	3	-	2	
	Kinetik enerji	X in kinetik enerjisi Y den büyük	-	12	2	9	
		Eşit	-	10	-	8	
		Frekans	X in frekansı Y den büyük	-	4	-	5
	Kesme potansiyeli	Eşit	-	16	-	10	
		X in kesme potansiyeli Y den büyük	-	-	-	4	
		Eşit	-	20	-	11	
Grafik B (2.grafik)	Frekans	X in frekansı Y den büyük	-	16	-	8	
		Y nin frekansı X ten büyük	-	1	-	3	
		Eşit	-	3	-	2	
	Kinetik enerji	X in kinetik enerjisi Y den büyük	-	16	-	10	
		X in kinetik enerjisi Y den küçük	-	-	-	3	
		Eşit	-	5	-	4	
	Işık şiddeti	X in ışık şiddeti Y den büyük	-	4	-	2	
		Eşit	-	17	-	11	
		Kesme potansiyeli	X in kesme potansiyeli Y den büyük	-	20	-	13
X in kesme potansiyeli Y den küçük	-		1	-	3		
Eşit	-		2	-	-		
Akım	X in akımı Y den büyük	-	4	-	3		
	Eşit	-	6	-	3		

Tablo 5'te deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön testte soruyu cevaplayamadığı görülmektedir. Son testte ise, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin maksimum kinetik enerji-frekans grafiğine yönelik olarak, "x in kinetik enerjisi y den büyüktür", "x in bağlanma enerjisi y den büyüktür", "y nin kesme potansiyeli x den büyüktür" şeklinde ortak yanılguları olduğu görülmektedir. Öğrencilerin akım şiddeti-potansiyel fark 1. grafiğe yönelik, "kinetik enerjileri eşittir", "x in akımı y den büyüktür", "x in ışık şiddeti y den büyüktür", "kesme potansiyelleri eşittir" şeklinde ortak yanılguları olduğu görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin akım şiddeti-potansiyel fark 2. grafiğe yönelik, "x in frekansı y den

büyüktür”, “x in kinetik enerjisi y den büyüktür”, “akımlar eşittir”, “ışık şiddetleri eşittir”, “x in kesme potansiyeli y den büyüktür” şeklinde ortak yanılgıları olduğu görülmektedir.

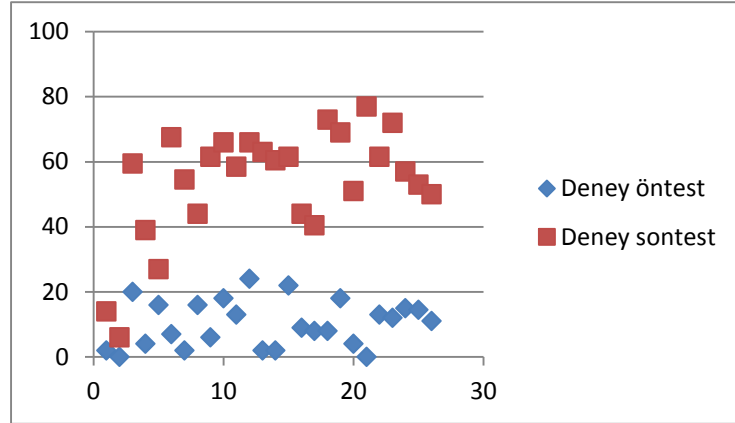
Öğrencilerin 7.soruya verdikleri cevaplardan bazıları Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6. Öğrencilerin 7.Soruya Yönelik Cevapları

Cevaplar	Deney Grubu (f)		Kontrol Grubu (f)	
	Ön test	Son test	Ön test	Son test
Kara cisim ışıması, fotoelektrik ve compton olayları	ışık hızına vurgu yapar.	2	-	-
	ışığın dalga boyu ve şiddeti değiştikçe, ışığın özelliği değişir.	1	-	-
	ışığın tanecikli olduğunu açıklar.	-	3	1
	ışık şiddetine vurgu yapar.	-	1	-
	ışığın bir enerji olduğuna vurgu yapar.	-	1	-
	bir görünür bir görünmez olmasıdır.	-	4	-
Işığın ikili doğası	ışık hem tanecik hem de enerjidir.	-	2	-
	ışık hem dalga hem de tanecikli yapıdadır.	-	2	-
	ışık hem çok iyi yayıcı hem de çok iyi absorbe edicidir.	-	-	1
Kara cisim ışıması	ışığın soğrulması ve yansımaya vurgu yapar.	-	9	3
	ışığın şiddeti artarsa fotonun enerjisi artar.	-	-	2
	Işığın rengi kırmızıdan mora doğru gittikçe, frekansının arttığı, dalga boyunun azaldığına vurgu yapar.	-	1	-
	ışığın yaydığı elektrona ve şiddetine vurgu yapar.	-	2	-
Fotoelektrik olay	ışık manyetik alan oluşturur ve elektron söker.	-	5	-
	ışığın elektron söktüğüne vurgu yapar.	-	2	1
	ışığın frekansı arttıkça, kopan elektronların kinetik enerjisinin arttığına vurgu yapar.	-	1	-
Compton olayı	ışığın dalga boyu ve frekansına vurgu yapar	-	-	1
	ışığın elektron ile çarpışması ve enerji aktarmasıdır.	-	6	-
	ışığın saçılma özelliğine vurgu yapar	-	1	-

Tablo 6’da deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön testte soruyu cevaplayamadığı, son testte ise deney grubu öğrencilerinin sınırlı cevaplar verdiği görülmektedir. Son testte deney grubu öğrencilerinin cevapları arasında, “kara cisim ışıması ışığın soğrulması ve yansımaya vurgu yapar”, “ışığın ikili doğası, bir görünür bir görünmez demektir..kırmızı mor arası görünür, kızıl ötesi ve mor ötesi görünmez” şeklinde yanılgılı ifadeler olduğu görülmektedir.

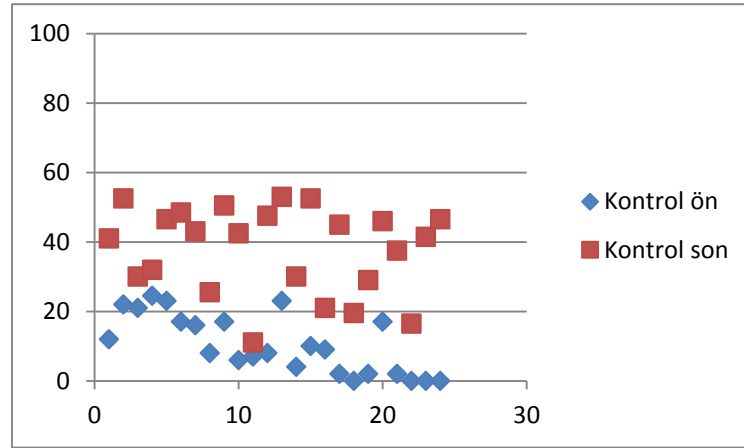
Grafik 1’de deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldığı puanların dağılımı aynı grafik üzerinde gösterilmektedir.



Grafik 1. Deney grubu öğrencilerinin ön test-son test puanlarının dağılımı

Deney grubu öğrencilerinin ön test toplam puanlarının ise 0 ile 24 puan arasında değiştiği görülmektedir. Öğrencilerin son test toplam puanlarının 6 ile 77 puan arasında değiştiği ve son test puanlarının ortalama 50 puan etrafında toplandığı görülmektedir.

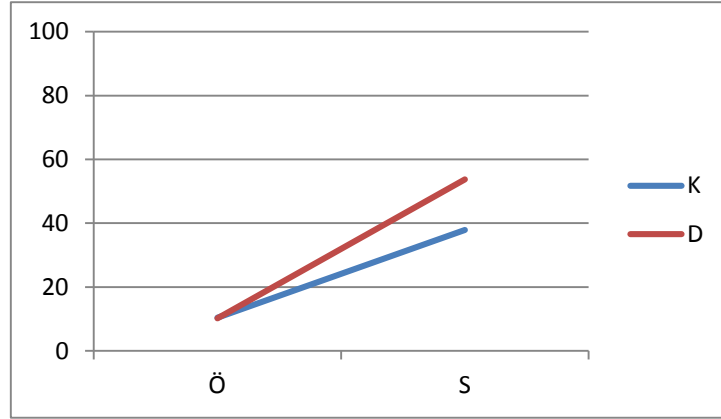
Grafik 2’de kontrol grubu öğrencilerinin ön ve son test puanlarının dağılımı gösterilmektedir.



Grafik 2. Kontrol grubu öğrencilerinin ön test-son test puanlarının dağılımı

Kontrol grubu öğrencilerinin ön test toplam puanlarının 0 ile 24,5 puan arasında değiştiği görülmektedir. Öğrencilerin son test toplam puanlarının 11 ile 53 puan arasında değiştiği ve son test puanlarının ortalama 40 puan etrafında toplandığı görülmektedir.

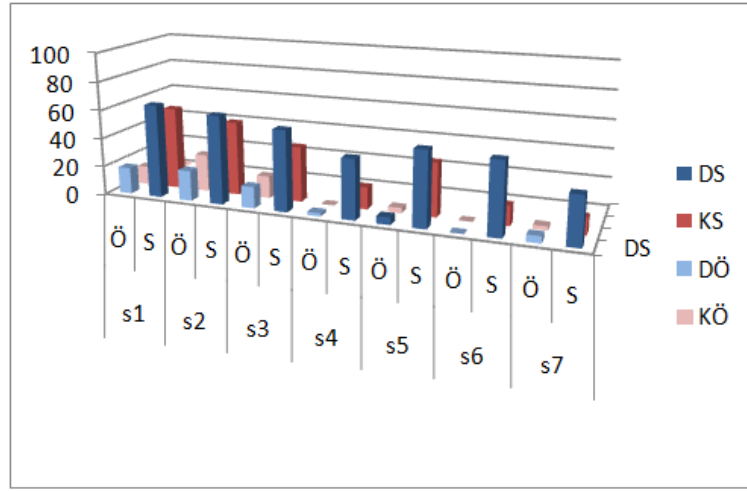
Grafik 3’te deney ve kontrol grubu öğrencilerin ön ve son test ortalama puanlarının kıyaslanması gösterilmektedir.



Grafik 3. Deney ve kontrol grubu öğrencilerin ön test-son test ortalama puanlarının kıyaslanması

Grafik 3'te deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön ve son test ortalama puanlarının karşılaştırılması aynı grafik üzerinde gösterilmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test puanlarının denk olduğu, son test puanları arasında ise az da olsa görülür bir farkın olduğu görülmektedir. Deney grubu öğrencilerinin ön test puan ortalaması 10,25 iken, kontrol grubu öğrencilerin ön test puanlarının ortalaması 10,44 olarak hesaplanmıştır. Deney grubu öğrencilerin son test puan ortalaması 53,71 iken, kontrol grubu öğrencilerin son test puanlarının ortalaması 37,85 olarak hesaplanmıştır.

Grafik 4'te deney ve kontrol grubunda ön test-son testte yer alan her bir sorunun yapılma yüzdeleri yer almaktadır.



	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
Deney ön test	18,509	21,153	14,903	2,243	5,128	0	4,807
Kontrol ön test	12,740	25,961	15,384	0	3,846	0	2,884
Deney son test	65,144	61,778	56,25	41,666	52,136	50,320	33,653
Kontrol son test	57,451	51,442	38,461	15,384	37,286	13,782	11,538

Grafik 4. Deney ve kontrol grubu ön test-son testte yer alan her bir sorunun yapılma yüzdelerinin karşılaştırılması

Grafik 4'te deney grubunda 1.sorunun ön teste yapılma yüzdesi %18,5 iken, son testte %65 olduğu görülmektedir. 2. sorunun ön testte yapılma yüzdesi %21 iken, son testte %61 olduğu görülmektedir. 3. sorunun ön testte yapılma yüzdesi %14,9 iken, son testte %56 olduğu görülmektedir. 4. sorunun ön testte yapılma yüzdesi %2,2 iken, son testte %41,6 olduğu görülmektedir. 5. sorunun ön testte yapılma yüzdesi %5 iken, son testte %52 olduğu görülmektedir. 6. sorunun ön testte yapılma yüzdesi 0 iken, son testte %50 olduğu görülmektedir. 7. sorunun ön testte yapılma yüzdesi %4,8 iken, son testte %33,6 olduğu görülmektedir. Deney grubunda ön testte yapılma yüzdesi en yüksek olan soruların 1. 2. ve 3. sorular olduğu, son testte ise 1.2.3.5 ve 6. soruların yapılma yüzdelerinin %50'nin üzerinde olduğu görülmektedir.

Kontrol grubunda ise, 1.sorunun ön teste yapılma yüzdesi %12,7 iken, son testte %57,4 olduğu görülmektedir. 2. sorunun ön testte yapılma yüzdesi %25,9 iken, son testte %51,4 olduğu görülmektedir. 3. sorunun ön testte yapılma yüzdesi %15,3 iken, son testte %38,4 olduğu görülmektedir. 4. sorunun ön testte yapılma yüzdesi 0 iken, son testte %15,3 olduğu görülmektedir. 5. sorunun ön testte yapılma yüzdesi %3,8 iken, son testte %37,2

olduğu görülmektedir. 6. sorunun ön testte yapılma yüzdesi 0 iken, son testte %13,7 olduğu görülmektedir. 7. sorunun ön testte yapılma yüzdesi %2,8 iken, son testte %11,5 olduğu görülmektedir. Kontrol grubunda ön testte yapılma yüzdesi en yüksek olan soruların 1. 2. ve 3. sorular olduğu, son testte ise 1.ve 2. soruların yapılma yüzdelerinin %50'nin üzerinde olduğu görülmektedir.

Grafikten 4'ten görüldüğü gibi, deney ve kontrol grubunda ön testte yer alan her bir sorunun yapılma yüzdelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Deney ve kontrol grubunda son testte yer alan soruların yapılma yüzdeleri arasında; deney grubu için 1. ve 2. soru için yaklaşık %10'luk, 3. soru için %18'lik, 4. soru için %26'luk, 5. soru için %15'lik, 6. soru için %36,5'lik, 7. soru için %22'lik bir artış olduğu görülmektedir.

Tartışma ve Sonuç

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test puanlarının denk olduğu, son test puanları arasında ise deney grubu lehine bir farkın bulunduğu görülmüştür. 7E öğrenme modeli, Kara cisim Işıması, Fotoelektrik Olay ve Compton Olayı konularında öğrenci başarısını artırıcı yönde olumlu bir değişime neden olmuştur. Bu durum, 7E öğrenme modeline göre hazırlanan materyallerin, öğrencilerin kavramsal ve işlemsel öğrenmelerini olumlu yönde etkilediğinden kaynaklanabilir. Yapılan çalışmalarda 7E öğrenme modelinin öğrencilerin başarılarına, kavramsal gelişimlerine, kavram yanlışlarının giderilmesine, bilgilerin kalıcılığına ve bilimsel süreç becerilerinin gelişimine olumlu yönde katkılar sağladığı görülmektedir (Avcıoğlu, 2008; Çelik ve Özbek, 2013; Demirezen, 2010; Demirezen ve Yağbasan, 2013; Gürbüz, 2012; Kanlı, 2007; Kanlı ve Yağbasan, 2008).

1.sorunun deney grubunda yapılma yüzdesi ön teste %18,5 iken son testte %65 olduğu, kontrol grubunda ise ön teste %12,7 iken son testte %57,4 olduğu görülmüştür. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön testte, kara cisim modeli olarak yuvarlak, kare, yamuk ve kutu çizimleri yaptığı, fakat çoğunlukla yuvarlak bir şekil çizdikleri görülmüştür. Öğrencilerin çoğunlukla kara cisim, "etrafi (dışı) kara olan cisim" olarak tanımladıkları görülmüştür. Öğrencilerin kara cisme örnek olarak kara tişört, kara defter kapağı, kara saat kordonu, kara kalem, kara kazak, kara uçurtma, kara araba gibi yanlış örnekler verdiği ve verdikleri örneklerin çoğunlukla dışı kara olan cisimler olduğu görülmüştür. Kontrol grubu öğrencilerinin son testte, kara cisim modeli olarak yuvarlak bir şekil çizdikleri görülmüştür.

Deney grubu öğrencilerinin ise çoğu son testte kara cismin yuvarlak, yamuk, küp (kutu) ve üçgen gibi çeşitli şekillerde olabileceğini belirtmişler, ancak genellikle yuvarlak şekil kullanmışlardır. Uygulamanın keşfetme aşamasında yer alan etkinlikte, kara cisim modeli olarak farklı büyüklüklerde yuvarlak, kare ve dikdörtgen gibi modelleri yaparak, kara cisim ışımasının şekle bağlı olmadığına ulaşılmıştı. Bu durumun öğretmenin sınıf içi pratikleriyle ilişkili olduğu söylenebilir. Deney grubu öğrencilerinin çoğunluğu ön testte, kara cisim “etrafı (dışı) kara olan cisim” olarak tanımlarken, son testte “üzerine düşen ışığı soğuran cisim” olarak tanımladıkları görülmüştür. Ayrıca son testte, kara cismin yaptığı ışımının görünür bölgede olmadığı için görülemediği, kara cismin ışımasının sıcaklığa bağlı olduğu, kara cismin sıcaklığı arttıkça ışımaya şiddetinin de arttığı şeklinde açıklama yapmışlardır. Bu duruma rağmen, dışı kara olan cisimleri örnek olarak verdikleri ve bu örneklerin kara cisim ışımasına örnek olamayacağı belirlenmiştir. Bu durumun, kara cisim ışımasına yönelik geliştirilen materyaldeki keşfetme aşamasında yer alan etkinlikte oluşturdukları kara cisim modellerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

2. sorunun deney grubunda yapılma yüzdesi ön testte %21 iken son testte %61 olduğu, kontrol grubunda ise ön testte %25,9 iken son testte %51,4 olduğu görülmüştür. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön testte, fotosel lambanın çalışma prensibini açıklamadan elektrik devresini açıklamaya çalıştıkları görülmüştür. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin cevapları arasında devredeki akımı artırmak için “levhanın yüzey alanı azaltılmalı”, “levhalar arası mesafe artırılmalı”, “gerilim azaltılmalı” şeklinde yanılı ifadelerin yer aldığı görülmüştür. Deney grubu öğrencilerin çoğunun son testte devreyi, ışığın metal yüzeyden kopardığı elektronların hareketiyle devrede oluşan akıma bağlı olarak açıklamaya çalıştıkları görülmüştür. Ayrıca devredeki akımı artırmak için, “katot levhanın yüzey alanı azaltılmalı”, gerilim azaltılmalı”, “gerilim artarsa kopan elektron sayısı azalır ve akım azalır” şeklinde yanılı cevaplar verdiği görülmüştür. Son testte, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin çoğunun devreyi tam anlamıyla açıklayamadıkları belirlenmiştir. Öğrenciler ışığın fotosel lambaya geldiğinde devrede oluşan akım sayesinde bobin üzerinde oluşan manyetik alanın çiviye çekerek ya da iterek alarmı çaldıracağını ifade etmişlerdir. Deney ve kontrol gruplarında, gerilimin azaltılması ile devredeki akımın artacağı şeklinde ortak bir yanılı tespit edilmiştir. Bu durumun öğrencilerin fotosel devredeki akımın yönünün katottan anoda doğru olduğunu ve dolayısı ile devredeki üreticinin ters bağlı

olduğunu düşünmelerinden kaynaklandığı söylenebilir. Elektrik akımının yönünün ve hangi levhanın anot hangi levhanın katot olduğunun doğru belirlenememiş olması (Garnett ve Treagust, 1992; Ercan, 2010; Karşlı, 2011; Karşlı ve Çalık, 2012; Sanger ve Greenbowe, 1997, 1999), fotosel devredeki üreticinin ters bağlı olduğunu düşündürebilir.

3. sorunun deney grubunda yapılma yüzdesi ön testte %14,9 iken son testte %56 olduğu, kontrol grubunda ise ön testte %15,3 iken son testte %38,4 olduğu görülmüştür. Öğrencilerin çarpışma sonrası foton için, “fotonun dalga boyu azalır”, “fotonun hızı artar”, “fotonun enerjisi artar”, “fotonun frekansı artar” şeklindeki yanlış ifadelerine rastlanmıştır. Son testte ise fotonun hızının çarpışma sonrası azalacağını ifade eden deney grubu öğrencilerinin olduğu belirlenmiştir. Uygulamada, “çarpışmadan önce gelen (çarpıtılan) bilye sahip olduğu enerjinin bir kısmını durgun bilyeye aktarmıştır, enerjisi azalmıştır”, “çarpışmadan önce hedef (durgun) bilyenin sahip olduğu enerji çarpışmadan sonra değişmiştir, enerji kazanmıştır” şeklinde sonuca varılmıştır. Etkinlikte gelen bilye foton olarak düşünüldüğünden, çarpışma sonrası hedef bilyenin hareket etmesiyle gelen bilyenin hızı azalacağından fotonun hızının da azalacağı şeklinde bir yanlış algılamaya sahip oldukları düşünülmektedir. Bu durum, verilen örnekten kaynaklanabilir. Ayrıca son testte hem deney hem de kontrol grubunda, elektronun hızının değişmeyeceği şeklinde cevap veren öğrencilerin olduğu belirlenmiştir. Bu durum ise, öğrencilerin elektronu foton olarak düşünmelerinden kaynaklanabilir. Mashhadi ve Woolnough (1999), lise öğrencilerinin elektron ve foton kavramlarına ilişkin zihinlerinde çok çeşitli ve bilimsel olmayan temsillerin olduğunu, öğrencilerin büyük çoğunluğunun ise elektronu bir çeşit parçacık, fotonu ise parlak küresel bir parçacık olarak düşündüklerini belirlemiştir. Olsen (2001) çalışmasında, lise öğrencilerinin elektron ve fotonun yapısını anlamadıklarını belirtmiştir. Çalışkan, Selçuk ve Erol (2009) ise çalışmasında, öğrencilerin elektronun, bir dalga veya parçacık olabileceğini düşündüklerini belirlemiştir.

4. sorunun deney grubunda yapılma yüzdesi ön testte %2,2 iken son testte %41,6 olduğu, kontrol grubu ise ön testte 0 iken, son testte %15,3 olduğu görülmüştür. Deney grubu öğrencilerinin ön testte “ışık şiddeti artarsa sökülen fotoelektronların kinetik enerjisi artar”, “metal yüzeyden elektron koparmak için ışığın bir frekansı ve enerji limiti yoktur”, “ışığın dalga boyu küçüldükçe, şiddeti orantılı olarak sonsuza doğru azalır”, “ışığın dalga boyu büyüdükçe, ışık şiddeti artar” şeklinde yanlış ifadelerine rastlanmıştır. Son testte ise,

“ışığın dalga boyu küçüldükçe (orantılı olarak) şiddeti sonsuza doğru azalır”, “ışık şiddeti arttıkça fotonun enerjisi artar”, “saçılan fotonun dalga boyu gelen fotonun dalga boyundan küçüktür” şeklinde yanılığlı ifadelerine rastlanmıştır. Öğrencilerin 3. soruda ve 4. soruda yer alan compton olayına yönelik yeterli veya doğru açıklama yapamadığı görülmüştür. Kontrol grubu öğrencilerinin ise, sınırlı açıklama yaptığı ve bu açıklamaların ise çoğunlukla yanılığlı ifadeler içerdiği, öğrencilerin çoğunun ise soruyu cevaplayamadığı görülmüştür. Öğrencilerin yanılığlı cevaplarına örnek olarak, “ışığın dalga boyu küçüldükçe orantılı olarak şiddeti azalır”, “ışık şiddeti arttıkça fotonun enerjisi azalır”, “ışık şiddeti arttıkça fotonun enerjisi artar”, “ışığın dalga boyu büyüdükçe, şiddeti sonsuza doğru artar (o oranda artar)”, “saçılan fotonun dalga boyu gelen fotonun dalga boyundan küçüktür”, “foton elektron çarpışmasında, elektron çarpışma sonrası yeni fotonlar yayımlar” şeklindeki ifadeleri verilebilir. Deney ve kontrol gruplarında son testte, ışık şiddetinin ışığın enerjisi olduğu ve bu nedenle ışık şiddetinin artmasıyla kopan elektronların kinetik enerjilerinin artacağı ve karşı levhaya daha hızlı ulaşacağı şeklinde ortak bir yanılığlı tespit edilmiştir. Uygulamada öğrenci cevapları arasında, “ışık şiddeti artırıldığında elektronlar hızlı hareket eder”, “ışık frekansının akım üzerinde bir etkisi yoktur”, “ışık frekansı fotoelektronların hareketiyle ters orantılıdır” şeklinde yanılığlı ifadelerle rastlanmıştır. Son testteki bu durum, uygulamanın keşfetme aşamasında Fotoelektrik Olay’a yönelik simülasyon etkinliğinden kaynaklanabilir.

5. sorunun deney grubunda yapılma yüzdesi ön testte %5 iken son testte %52 olduğu, kontrol grubunda ise ön testte %3,8 iken son testte %37,2 olduğu görülmüştür. Deney grubu öğrencilerinin ön testte maksimum kinetik enerji ve frekans grafiği için altı öğrencinin açıklama yaptığı ve bu açıklamaların ise yanılığlı ifadelerden oluştuğu, akım şiddeti ve potansiyel fark grafiği için ise deney grubu öğrencilerinin açıklama yapamadığı görülmüştür. Kontrol grubu öğrencilerinden üçünün ön testte açıklama yaptığı, bu açıklamaların ise yanılığlı ifadelerden oluştuğu görülmüştür. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin büyük bir çoğunluğunun, maksimum kinetik enerji-frekans grafiğine ve akım şiddeti-potansiyel fark grafiğine ilişkin yanılığlı cevaplar verdiği görülmüştür. Öğrencilerin genellikle maksimum kinetik enerji-frekans grafiğine yönelik olarak, “ x in kinetik enerjisi y den büyüktür”, “ x in bağlanma enerjisi y den büyüktür”, “ y nin kesme potansiyeli x den büyüktür” şeklinde ortak yanılığlı olduğu görülmüştür. Akım şiddeti-potansiyel fark

grafiğine yönelik olarak 1. grafik için, “kinetik enerjileri eşittir”, “ x in akımı y den büyüktür”, “ x in ışık şiddeti y den büyüktür”, “kesme potansiyelleri eşittir” şeklinde ortak yanılgıları olduğu görülmüştür. Akım şiddeti-potansiyel fark grafiğine yönelik olarak 2. grafik için, “ x in frekansı y den büyüktür”, “ x in kinetik enerjisi y den büyüktür”, “akımlar eşittir”, “ışık şiddetleri eşittir”, “ x in kesme potansiyeli y den büyüktür” şeklinde ortak yanılgıları olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, her iki grubun grafik yorumlama becerilerinin zayıf olduğu söylenebilir. Grafikler verilerin düzenlenmesinde, yorumlanmasında ve sunulmasında kolaylık sağlamakta olup, fizik derslerinde çoğu fizik kavramları arasındaki ilişkileri ifade etmek amacıyla kullanılmaktadır. Öğrencilerin fizik kavramları arasındaki ilişkileri doğru bir şekilde anlayıp yorumlamaları, onların grafikleri iyi anlayıp yorumlamalarına bağlıdır (Demirci ve Uyanık, 2009). Uygulamanın açıklama aşamasında grafik yorumlama soruları yer almasına ve uygulamada yer alan grafik sorularının çoğunlukla doğru olarak çözülmesine rağmen, deney grubu öğrencilerinin aldığı puanların düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, uygulamada yer alan grafik yorumlama sorularının yeterli sayıda olmaması ile ilişkili olabilir.

6. sorunun deney grubunda yapılma yüzdesi ön testte 0 iken, son testte %50 olduğu, kontrol grubunda ise ön testte 0 iken son testte %13,7 olduğu görülmüştür. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön testte yer alan 6. soruyu cevaplayamadığı görülmüştür. Deney grubu öğrencileri son testte genelde kara cisim Işması ve fotoelektrik olay konularına yönelik işlemsel soruları çözebilmiş, fakat compton olayı konusuna yönelik işlemsel soruyu çözememişlerdir. Kontrol grubu öğrencilerinin büyük bir çoğunluğunun ise işlemsel soruları çözemediği belirlenmiştir. Uygulamanın açıklama aşamasında, öğrencilerin işlemsel soruları çözmekte zorlandıkları görülmüştür. Deney grubu öğrencilerinin compton olayı ile ilgili işlemsel soruyu çözememeleri, matematiksel işlemin zorluğuna veya öğrenci seviyesine uygun olmamasına bağlanabilir. Literatürde kuantum fiziği kavramlarının öğrenilmesinde yaşanan güçlükler arasında kuantum fiziğinin karmaşık matematiksel alt yapısı, soyut ve birbirine paralel olmayan kavramların olduğu belirtilmektedir (Akarsu, 2007; Akarsu 2011; Didiş, Eryılmaz ve Erkoç, 2010). Singh, Belloni ve Christian (2006), çoğu öğrenci için kuantum fiziği sadece matematiksel formüllere dayanmış ve anlaşılması güç olarak nitelendirildiğini belirtmektedir (Styer, 1997).

7. sorunun deney grubunda yapılma yüzdesi ön testte %4,8 iken son testte %33,6 olduğu, kontrol grubunda ise ön testte %2,8 iken son testte %11,5 olduğu görülmüştür. Deney grubu öğrencilerinin ön testte, üç öğrencinin soruyu yanlışlı açıkladığı, yirmiüç öğrencinin ise cevap veremediği görüldü. Kontrol grubunda ise, iki öğrencinin soruyu yanlışlı açıkladığı, yirmiiki öğrencinin ise cevap vermediği görüldü. Deney grubu öğrencilerinin son testte ise, onaltı öğrencinin yanlışlı cevap verdiği ve beş öğrencinin soruyu cevaplamadığı görülmüştür. Kontrol grubunda ise, yedi öğrencinin yanlışlı cevap verdiği, onaltı öğrencinin soruyu cevaplamadığı görüldü. Cevaplar arasında, “kara cisim ışığın soğrulması ve yansıtmasına vurgu yapar, fotoelektrik ışığın manyetik alan oluşturması ve elektron sökmesine vurgu yapar, compton ışığın elektron ile çarpışması, ışığın titreşmesine ve enerji değişimine vurgu yapar” şeklinde ortak yanlışlı cevaplar olduğu görülmüştür.

Deney ve kontrol gruplarının son test sonuçlarının deney grubunun lehine olmasına rağmen, her iki grubun başarı testinden aldıkları puanların düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun, 11. sınıf öğrencilerinin kara cisim ışıması, fotoelektrik olay ve özellikle compton olayı konularının sınıf seviyesine uygun olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 2013 Fizik Öğretim Programı’nda, modern fizik ünitesinin 12. sınıf programına aktarıldığı bilinmektedir (MEB, 2013). Yıldız (2009) çalışmasında, fen bilgisi öğretmen adaylarının fotoelektrik olay, compton olayı ve heisenberg belirsizlik ilkesi konularını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin akademik başarılarına etkisini araştırdığı çalışmasında, öğretmen adaylarının anlama düzeylerinin düşük olduğunu, deney ve kontrol grubu başarılarının ise deney grubunun lehine olduğunu belirlemiştir. Yıldız ve Büyükkasap (2011a-b) fen bilgisi öğretmen adaylarının compton ve fotoelektrik olayını anlama düzeylerini ve öğrenme amaçlı yazmanın başarıya etkisini incelediği çalışmalarında, öğretmen adaylarının compton ve fotoelektrik olayını anlama düzeylerinin düşük kaldığı, deney ve kontrol grubu başarılarının ise deney grubunun lehine olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmanın sonucunda, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son test puanları arasında deney grubu lehine bir farkın olduğu görülmüş ve 7E öğrenme modeline göre hazırlanan materyaller, öğrenci başarısını artırıcı yönde olumlu bir değişime neden olmuştur. Bu durum geliştirilen materyallerin, soyut olan modern fizik konularının günlük yaşama indirgenmesine ve bu sayede öğrenmeye katkı sağladığı şeklinde yorumlanmıştır.

Öneriler

Bu çalışmada, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başarı testinde yer alan compton olayı ile ilgili işlemsel soruları çözmekte zorlandıkları belirlenmiştir. Bu durumun compton olayına ilişkin matematiksel işlemlerin zorluğundan veya öğrenci seviyesine uygun olmadığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle, geliştirilen materyalde ve başarı testinde yer alan compton olayı ile işlemsel soruların geliştirilmesi önerilebilir.

Deney grubunda son testte, ışık şiddetinin ışığın enerjisi olduğu ve bu nedenle ışık şiddetinin artmasıyla kopan elektronların kinetik enerjilerinin artacağı ve karşı levhaya daha hızlı ulaşacağı şeklinde bir yanılığın tespit edilmişti. Son testteki bu durumun, fotoelektrik olaya yönelik geliştirilen materyaldeki keşfetme aşamasında yer alan simülasyon etkinliğinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştı. Simülasyon etkinliğinde, aynı frekansta ışığın şiddetinin artırılmasının ardından aynı ışık şiddetinde farklı frekansta ışığın kullanılmasıyla, ışık şiddetinin kopan fotoelektronların hızı ile ilişkisi olmadığı üzerinde durulabilir.

Çalışmada deney grubu öğrencilerinin büyük bir çoğunluğunun, maksimum kinetik enerji-frekans grafiğine ve akım şiddeti-potansiyel fark grafiğine ilişkin yanılığın cevaplar verdiği görülmüştür. Bu nedenle materyalde yer alan grafik yorumlama sorularının sayısının artırılması önerilebilir.

Kaynakça

- Akarsu, B. (2007). Students' misconceptual understanding of quantum physics in college level classroom environments. Unpublished doctoral thesis, Indiana University, USA.
- Akarsu, B. (2011). Instructional design in quantum physics: a critical review of research, *Asian Journal of Applied Sciences*, 4(2), 112-118.
- Akdeniz, A. R. ve Paliç, G. (2012). Yeni fizik öğretim programına ve uygulanmasına yönelik öğretmen görüşleri, *Milli Eğitim Dergisi*, 196, 290-307.
- Appleton, K. (1997). Analysis and description of students' learning during science classes using a constructivistbased model. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 303-318.
- Avcioğlu, O. (2008). Lise 2 fizik dersinde newton yasaları konusunda 7E modelinin başarıya etkisinin araştırılması, Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Ayvacı, H. Ş. (2013). Investigating the effectiveness of predict-observe-explain strategy on teaching photo electricity topic, *Journal of Baltic Science Education*, 12(5), 548-564.

- Bozdemir, S. ve Eker, S. (2007). Fizikte Yeni Bir Çağ Açan Buluş: Kuantum Kuramı (2), *Bilim ve Ütopya Dergisi*, Sayı 161.
- Brooks, J. G. and Brooks, M. G. (1993). In search of understanding: the case for constructivist classrooms. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Bybee, R. W. (2003). Why the seven E's. <http://www.miamisci.org/ph/lpintro7e.html> adresinden 24 Nisan 2014 tarihinde edinilmiştir.
- Çalışkan, S., Sezgin Selçuk, G. and Erol, M. (2009). Student understanding of some quantum physical concepts, *Latin Amerikan Journal of Physics Education*, 3(2), 202-206.
- Çelik, H. ve Özbek, G. (2013). 7E öğretim modelinin hipotez kurma ve değişken belirleme becerileri üzerine etkisi, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31, 13-23.
- Çepni, S. (2010). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş*, Trabzon.
- Çepni, S., Ayas, A., Ekiz, D. ve Akyıldız, S. (2010). *Öğretim ilke ve yöntemleri*. Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Çepni, S., Şan, H. M., Gökdere, M. ve Küçük, M. (2001). Fen bilgisi öğretiminde zihinde yapılanma kuramına uygun 7E modeline göre örnek etkinlik geliştirme, Maltepe Üniversitesi Yeni Bin Yılın Başında Türkiye’de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, İstanbul.
- Çopur, T. ve Moğol, S. (2012). Fizik eğitimde işbirliğine dayalı yaklaşımın kullanılmasına yönelik öğrenci görüşleri, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 32(2), 251-266.
- Demirci, N. ve Uyanık, F. (2009). Onuncu sınıf öğrencilerinin grafik anlama ve yorumlamaları ile kinematik başarıları arasındaki ilişki, *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 3(2), 22-51.
- Demirezen, S. (2010). Elektrik devreleri konusunda 7E modelinin öğrencilerin başarı, bilimsel süreç becerilerinin gelişimi, kavramsal başarıları ve kalıcılık düzeylerine etkisi. Yayınlanmamış doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Demirezen, S. ve Yağbasan, R. (2013). 7E modelinin basit elektrik devreleri konusundaki kavram yanılgıları üzerine etkisi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(2), 132-151.
- Didiş, N., Özcan, Ö. ve Abak, M. (2008). Öğrencilerin bakış açısıyla kuantum fiziği: nitel çalışma, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 86-94.
- Didiş, N., Eryılmaz, A. and Erkoç, Ş. (2010). Pre-service physics teachers’ comprehension of quantum mechanical concepts, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(4), 227-235.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model, *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Escalada, L. T. (1997). Investigating the applicability of activity-based quantum mechanics in a few high school physics classrooms, Unpublished doctoral thesis, Kansas State University, Kansas.

- Ercan, O. (2010). Öğretmenlerin elektrokimya konularındaki kavram yanlışları, *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1, 111-134.
- Garnett, P.L. and Treagust, D.F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1079-1099.
- Hand, B. & Treagust, D. F. (1991). Student achievement and science curriculum development using a constructivist framework, *School Science and Mathematics*, 91(4), 172-176.
- Kamii, C., Manning, M. and Manning, G. (1991). *Early literacy: a constructivist foundation for whole language*. National Education Association, Washington, D.C.
- Kanlı, U. (2007). 7E modeli merkezli laboratuvar yaklaşımı ile doğrulama laboratuvar yaklaşımlarının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerinin gelişimine ve kavramsal başarılarına etkisi. Yayınlanmamış doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Kanlı, U. (2009). Yapılandırmacı kuramın ışığında öğrenme halkası'nın kökleri ve evrimi: örnek bir etkinlik, *Eğitim ve Bilim*, 34(151), 44-64.
- Kanlı, U. ve Yağbasan, R. (2008). 7E modeli merkezli laboratuvar yaklaşımının öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmedeki yeterliliği, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(1), 91-125.
- Karşlı, F. (2011). Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini geliştirmesinde ve kavramsal değişim sağlamasında zenginleştirilmiş laboratuvar rehber materyallerinin etkisi. Yayınlanmamış doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Karşlı, F. and Çalık, M. (2012). Can freshman science student teachers' alternative conceptions of 'electrochemical cells' be fully diminished? *Asian Journal of Chemistry*, 23(12), 485-491.
- Mashhadi, A. and Woolnough, B. (1999). Insights into students' understanding of quantum physics: visualizing quantum entities, *European Journal of Physics*, 20, 511-516.
- MEB (2008). Ortaöğretim 11. sınıf fizik dersi öğretim programı, Ankara.
- Özcan, Ö. (2011). What are the students' mental models about the "spin" and "photon" concepts in modern physics?, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 1372-1375.
- Özdemir, E. (2008). Kuantum fiziğinde belirsizlik ilkesi: hibrit yaklaşımla öğretimin akademik başarıya etkisi. Yayınlanmamış yüksek lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Özdemir, E. and Erol, M. (2008). Student misconceptions relating wave packet and uncertainty principle in quantum physics. *Balkan Physics Letters, Special Issue*, 635-641.
- Özmen H. (2004), Fen öğretiminde öğrenme teorileri ve teknoloji destekli yapılandırmacı (constructivist) öğrenme. *The Turkish Online Journal of Education Technology*, 3(1), 100-111.
- Sadaghiani, H. R. (2005). Conceptual and mathematical barriers to students learning quantum mechanics. Unpublished doctoral thesis, Ohio State University.

- Sanger, M.J. and Greenbowe T.J. (1999). An analysis of college of chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry, *Journal of Chemical Education*, 76(6), 853-860.
- Sanger, M.J. and Greenbowe, T.J. (1997). Students' misconceptions in electrochemistry: current flow in electrolyte solutions and the salt bridge, *Journal of Chemical Education*, 74(7), 819-823.
- Singh, C. (2001). Student understanding of quantum mechanics, *Association of Physics Teachers*, 69(8), 885-895.
- Singh, C., Belloni, M. and Christian, W. (2006). Improving students' understanding of quantum mechanics, *Physics Today*, 59(8), 43-49.
- Steinberg, R., Wittman, M. C., Bao, L. and Redish, E. F. (1999). The influence of student understanding of classical physics when learning quantum mechanics. http://www.physics.umd.edu/perg/qm/qmcourse/NewModel/research/qm_narst.pdf adresinden 23 Nisan 2014 tarihinde edinilmiştir.
- Styer, D. (1997). Teaching time development in quantum mechanics. A paper contributed to the meeting of the Ohio Section of the American Physical Society at Miami University, Oxford, Ohio.
- Şen, A. İ. (2002). Fizik öğretmen adaylarının kuantum fiziğinin temeli sayılan kavram ve olayları değerlendirme biçimleri, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 76-85.
- Şimşek, N. (2004). Yapılandırmacı öğrenme ve öğretime eleştirel bir yaklaşım, *Eğitim Bilimleri ve Uygulama*, 3(5), 115-139.
- Turgut, M. F., Baker, D., Cunningham, R. & Piburn, M. (1997). *İlköğretim fen öğretimi*. YÖK/DB Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi Yayınları, Ankara.
- Ünsal, Y. ve Moğol, S. (2004). İşbirliğine dayalı öğrenmenin öğrencilerin fizik dersi akademik başarısına etkisi, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 40, 616-627.
- Vadnere, R. and Joshi, P. (2009). On analysis of the perceptions of standard 12 students regarding a physics concept using techniques of quantum mechanics, *Physics Education*, 26, 279-290.
- Yeşildağ, F. (2009). Modern fizik öğretiminde öğrencilerin çoklu modsal betimlemeleri algılamaları ve modsal betimlemelerle hazırladıkları yazma aktivitelerini değerlendirme sürecinin öğrenmeye etkisi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Yeşilyurt, E. (2009). İşbirliğine dayalı öğrenmenin öğrenci davranışları üzerindeki etkisine ilişkin öğrenci görüşleri, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(2), 161-178.
- Yıldız, A. (2009). Üniversite öğrencilerinin kuantum fiziği konularını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin akademik başarıya etkisi. Yayınlanmamış doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

- Yıldız, A. ve Büyükkasap, E. (2011a). Öğretmen adaylarının compton olayını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin akademik başarıya etkisi, *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(1), 1643-1664.
- Yıldız, A. ve Büyükkasap, E. (2011b). Öğretmen adaylarının fotoelektrik olayını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazmanın başarıya etkisi, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 11(4), 2259-2274.
- Zhu, G. (2011).Improving students' understanding of quantum mechanics.Unpublished doctoral thesis, University of Pittsburgh.

EKLER

EK 1. Öğrenci Ders Materyali ve Öğretmen Materyalinden Bir Uygulama Örneği: Kara Cisim Işıması

Dersin Adı: Fizik
Sınıf: 11. sınıf
Ünitenin Adı: Modern Fizik
Öğrenilecek Bilimsel Kavram/Konu: Kara Cisim Işıması
İlgili Kazanım: 1.1. Kara cisim ışımasını açıklar (BİB-1.a-d).
BİB- 1.a.Farklı bilgi kaynaklarını kullanır.
1.d.Amacına uygun bilgiyi arar, bulur ve seçer.

UYARI: Wien yasasından bahsedilir, ancak Rayleigh-Jeans yasasına girilmez. Kara cisim ışımasında deneysel olarak elde edilen dalga boyu-ışınma gücü(güçü) ilişkisini gösteren grafikten yararlanarak; deneysel verilerle klasik fizik verileri arasında çelişki olduğu vurgulanır ve bu çelişkiyi çözmek için deneysel sonuçlara göre eksik olan bir sabitin olması gerektiği belirtilerek, kara cisim ışıması ile Planck sabiti arasında ilişki kurulur.

Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikler: 7E Öğrenme Modeli
Onerilen Süre: 3 ders saati

A. Gözlemler ve Düşünceler
Soru Kartları: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Merak Uyandırma Aşaması:
Soru kartları öğrencilere dağıtılır. Soru kartları üzerindeki resimlerin öğrenciler tarafından incelenmesi istenir. Bu şekilde öğrencilerin konuya karşı merakının uyandırılması hedeflenmiştir.
Soru kartları üzerindeki sorular ile öğrencilerin ön bilgileri tespit edilmek istenmiştir. Bu amaçla öğrencilerin kendi düşüncelerini soru kartları üzerine yazmaları istenir ve öğrencilere müdahale edilmez. Burada asıl amaç öğrencilerin sorulara doğru cevap vermeleri değil, sadece değişik fikirler öne sürmelerinin sağlanmasıdır. Verilen süre sonunda öğrencilere söz verilerek yazdıkları cümleler okutulur.

Öğrencilerden soru kartlarına yazdıkları cümleleri dikkate alarak, bu resimlerde belirtilen durumlar arasındaki benzerliğin ne olabileceği sorulur ve boş bırakılan bölüme kendi cümlelerini yazmaları istenir. Bu bölümde öğrencilerin elektromanyetik ışımayı ışımasını nasıl algıladıkları ortaya çıkartılmak istenmiştir. Öğrencilere söz verilerek yazdıkları cümleler okutulur.

Şekil 1. Merak Uyandırma Aşaması

Keşif Aşaması:
Öğrencilere bu aşamada birlikte düşünerek sorulara çözüm arama fırsatı verilir. Öğrencilere çalışma kağıdındaki Etkinlik-1 "Şaşırtan Renkler" ve Etkinlik-2 "Kara cisim modeli oluşturalım" etkinliğini sırasıyla yapmaları ve çalışma kağıdındaki gerekli kısımları doldurmaları istenir. Bu etkinlikler yapılırken grup olarak çalışılmasına özen gösterilir.

Etkinlik-1'de Isıtılan bir cismin yaydığı enerji ile sıcaklığı arasında nasıl bir ilişki kurulmaları beklenir. Metalin renginin sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini, renginin kırmızıdan sarıya sonra da beyaza döndüğünü görmeleri beklenir.

Etkinlik-2'de kara cismin ne olduğunu ve kara cismin ışıma enerjisi ile soğurma enerjisi arasında bir ilişkinin olup olmadığını kavramaya çalışılacaktır. Kara cisim modelleri içeriden aydınlatıldığında, iç kısımdaki aydınlanmanın çevresindeki kısımdan daha fazla olduğunu ve dışarıyı iç kısımdaki gibi aydınlatmadığını; benzer şekilde kara cisim modelleri dışarıdan aydınlatıldığında iç kısımdaki karanlığın dışarıdan daha fazla olduğunu ve iç kısmın dışarıya kadar aydınlanmadığı görülecektir. Bu şekilde kara cismin ışımasını yayılma ve ışımasını soğurma olayı arasında bağlantı kurulmaya çalışılacaktır. Ayrıca, bu etkinliğe dayanarak kara cisimi tanımlamaları istenir.

Bu aşamada öğrencilerin gözlemleri ve tartışmaları sonucunda ulaştıkları genellemelerin ardından konu ile ilgili eksik bilgilerini, aşağıdaki açıklamalarla (açıklama aşaması) tamamlayıp not almalarını sağlayınız.

FAZLA KARA CİSİM MODELİ
1. İçten aydınlatılan kara cisim modeli.
2. Dışarıdan aydınlatılan kara cisim modeli.
3. İçten aydınlatılan kara cisim modeli.
4. Dışarıdan aydınlatılan kara cisim modeli.

FAZLA KARA CİSİM MODELİ
1. İçten aydınlatılan kara cisim modeli.
2. Dışarıdan aydınlatılan kara cisim modeli.
3. İçten aydınlatılan kara cisim modeli.
4. Dışarıdan aydınlatılan kara cisim modeli.

Şekil 2. Keşif Aşaması

D- Öğrendiklerimizi Genişletelim

◆ Etkinlik 1’de yaptığımız kara cisim modelimizde kullandığımız modelimizin şeklini değiştirebiliriz (yuvarlak kutusu yerine dikdörtgen veya kare kutusu kullanabiliriz). Gözlem sonuçlarımızda bir farklılık olur muydu? Nedenini açıklayınız.

◆ Kara cisim modeli ile ilgili başka bir deney tasarlamak isteseydiniz ne yapmayı isterdiniz?

◆ Çevremizde şunu yapmış olduğumuz cisimleri/kavramları tabloya yazınız. Verdiğiniz örneklerin elektromanyetik spektrumunu hangi bölgede ve sıklıkta yazınız; hangilerinin kara cisim ışıması ile ilişkili olduğunu belirtiniz ve nedenini açıklayınız.

Örnekler	Elektromanyetik Spektrum	Kara Cisim Işınları (E.H)	Çizim

◆ Mor ötesi felaket nedir? Klasik fizik ve modern fizikta bu duruma yaklaşımları anlatınız?

Genişletme Aşaması:

Bu aşamada öğrencilerin kara cisim tanınımı öğrenmeleri hedeflenmiştir. Öğrencilerden etkinlik 1’de yaptıkları kara cisim modelinizde kullandığınız malzemenin şeklini değiştirmiş olsaydınız (ayakkabı kutusu (kare) yerine cam fanus (yuvarlak) kullansaydınız) gözlem sonuçlarımızda bir farklılık olur muydu sorusunu cevaplamaları beklenir.

Kara cisim modeli ile ilgili başka bir deney tasarlamak isteseydiniz ne yapmak isterdiniz sorusu sorularak, öğrencilerin kara cisim nasıl algıladıklarını daha net olarak ortaya konulabilir.

Öğrencilerden çevrenizde ışımaya yaptığını düşündüğünüz cisimleri/şeyleri tabloya yazmaları istenir. Verdikleri örneklerin elektromanyetik spektrumunu hangi bölgesinde yer aldığını yazmaları istenir ve kara cisim ışımasına örnekler vermeleri beklenir.

Mor ötesi felaket kavramını açıklamaları istenir, klasik fizik ve modern fiziğin bu duruma yaklaşımını belirtmeleri hedeflenir.

Şekil 4. Genişletme Aşaması

E- Öğrendiklerimizi İlişkilendirelim

TERMAL KAMERALAR

Görüntüleme görüntüleme alanında kullanılan teknolojilerden biri olan termal kameralar, kızıl ötesi görüntüleme yapmaktadır. Bu kameralar, elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesindeki elektromanyetik ışımayı (yaklaşık 900-14000 nm veya 0,9-14 µm) tespit eder ve bu ışımanın resimlerini oluşturur. Her cisimden ısıtıldığı gibi farklı ışıma sıklıklarında termal kamera, görüntü sistemleri alanında cisimleri görüntülemeye yarar.

Termal kameralarla çekilen bir fotoğrafın çok sıcak bakılan açık renkte, soğuk bakılan ise koyu renkte görünmesi problemi kaynağını kolayca bulmaya yardımcı olur. Termal kameralarda yer alan kızıl ötesi görüntüleyiciler, kızıl ötesi dalgaları boyutlu enerjiyi video ekranında görüntüye dönüştürür. Kızıl ötesi ışıma spektrumu ve kızıl ötesi cisim ışıması arasındaki bağlantı ve termal kameralar sayesinde cisim ışıması hakkında bilgileri görüntüleyebilir.

Termal kameralarla yapılan ölçümler doğru olabilir. Çünkü sıcaklık cisimlerden geçen ışıma, görüntüleme cisimden yansır ve görüntüleme cisim ışımasıyla yansır. Cisim ışıması soğumasında da etkilenir. Bu nedenle bu şekilde termal kameralarla elde edilen verilerin doğruluğuna önemle dikkat edilmelidir.

◆ Termal kameralar gibi kızıl ötesi görüntüleme yapan teknolojik araç-gereçler nasıl çalışır?

◆ Karadöküler bir kara cisim olarak kabul edilebilir mi? Neden?

◆ Kara cisim veya kara cisim ışımasıyla ilgili kayıtlar başka örnekler bulunuz.

F- Öğrendiklerimizi Paylaşalım

Bir önceki aşamada (öğrendiklerimizi ilişkilendirelim) edindikleri bilgiler diğer arkadaşlarıyla paylaşarak ve ilgili diğer durumlara net olarak.

İlişkilendirme Aşaması:

Bu bölümde kara cisim ışımasının bilimsel bilgilerinin teknolojik gelişmelerinden biri olan termal görüntüleme hakkında kısa bir bilgi verilerek, kara cisim ışıması ile bağlantı kurulmaya çalışılır. Termal kamera okuma parçası okutulur, sol taraftaki resimler üzerinde tartışılır ve girişteki benzer örneklerle de ilişki kurulmaya çalışılır.

Öğrencilerden Termal kameraların kullanım alanlarına günlük hayattan örnekler bulmaları ve Termal kameralar gibi kızıl ötesi görüntüleme yapan teknolojik araç-gereçlere örnek vermeleri istenir.

Paylaşma Aşaması:

Öğrencilerden bir önceki aşamada (ilişkilendirme) edindikleri bilgileri diğer arkadaşlarıyla paylaşmalarını ve ilgililerini çeken diğer günlük hayattan örnekleri not almaları istenir.

Şekil 5. İlişkilendirme ve Paylaşma Aşaması


Değerlendirme Aşaması:
Öğrendiklerimizi değerlendirilim bölümünde öğrencilerden çalışma yaprağında “Doğru/Yanlış”, “Dallanmış Ağaç” ve “Sıra Sende” sorularını çözmeleri istenir. Soruların derste yetiştirmesi durumunda ev ödevi olarak verilir. Öğrenciler soruları çözmede zorlanırsa öğretmen tarafından yönlendirilir.

1. Öğrenimden önce Değerlendirme


A. Açıkladıkları konularla ilgili soruları doğru ya da yanlış olarak değerlendirin.

Sıra	Beyanlar	D/Y
1	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
2	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
3	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
4	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
5	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
6	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
7	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
8	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
9	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
10	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
11	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
12	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
13	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
14	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
15	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
16	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
17	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
18	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
19	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	
20	Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.	


B. Yığın Üzerine Sorular



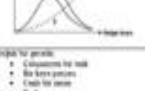
2. SIRA SENDE



Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.



Bu soruların her üçünü de doğru olarak çözen öğrenciler, yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.



Bu soruların her üçünü de doğru olarak çözen öğrenciler, yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.

Sıra Sende Soruları

- 1. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 2. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 3. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 4. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 5. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 6. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 7. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 8. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 9. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 10. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 11. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 12. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 13. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 14. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 15. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 16. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 17. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 18. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 19. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.
- 20. Yerel kuvvetler, 3 ayrı kuvvetle gösterilebilir.

3. Proje Yapalım


Aşağıdaki durumlerden birini seçiniz.

A) Bir kara cisim modeli çizin. Kara cisim yapmayı denediğiniz malzemeden kara cisim modelinizin büyüklüğüne kadar modelinizi tasarlarsınız. Sizin modelinizin neden kara cisim olduğunu düşünün, açıklarsınız ve yapıldıklarının etkilerini tartışınız.

B) Kara cisim yapmayı denediğiniz malzemeden kara cisim modelinizin büyüklüğüne kadar modelinizi tasarlarsınız. Sizin modelinizin neden kara cisim olduğunu düşünün, açıklarsınız ve yapıldıklarının etkilerini tartışınız.

Tanım

- Ana kısımları belirleyiniz.
- Belirleyiş olduğunuz ana bölümleri, belirlediğiniz malzemeden küçük parçalar ile yapın.
- Tanım o kısımları çizeceğiniz bir resim ya da çizim çizin.
- Tanım o kısımları, malzeme haline dalar çıkararak küçük parçalarla yaparsanız yaparsanız.
- Çizim o parçaların birleşimini gösteren çizimdir. Çizim, bir parçanın diğer parçaya nasıl bağlanacağını, neyi, nasıl ve nasıl gösterir.
- Tanım o kısımları ince dalar yapıldığı malzemeden detaylandırın. Sembol ya da şekillerle gösteriniz.
- Her bir malzemenin neyi temsil ettiğini belirleyiniz ve bu kısımları belirleyiniz.

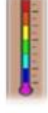


4. Proje Yapalım

Renk Değişiren Termometre

Malzemeler

- LM35 sıcaklık sensörü
- PIC12F675 mikrodeneleyici
- Flux RGB LED
- Beherglas
- Su
- İşipire ocak
- Üç ayak
- Çalkılık



Orman sıcaklığına bağlı olarak renk değişiren bir termometre yapınız. Öğretmeninizden ve öğretmeninizden yardım alabilirsiniz.

Sonuç Varam

- Nasıl bir yol izledinizi (malzemelerin temininden termometrenin yapımına kadar olan süreç) açıklarınız kısaca belirtiniz.
- Bir beherglas alınız ve yapacağınız termometreyi içine yerleştiriniz. Suyu ısıtınız ve termometredeki sıcaklık ve renk değişimini gözlemleyiniz.
- Sıcaklık (°C)
- Renk
- Zaman
- Suyun sıcaklığı değişince termometrenin renklerinde nasıl bir değişim oldu? Bu değişimi nasıl açıklarsınız?
- Renk değişiren termometreden günlük hayatta nasıl faydalanabiliriz?
- Elde ettiğiniz sonuçları diğer gruplarla karşılaştırınız. İlgilini çeken farklı tasarımlar varsa not alınız.

Şekil 6. Değerlendirme Aşaması

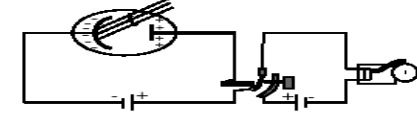
Açıklama: Sevgili öğrenciler, aşağıda sizin modern fizik ünitesine yönelik kazanımlarınızı belirlemek amacıyla oluşturulmuş 7 soruluk bir başarı testi bulunmaktadır. Sorulara vereceğiniz cevaplar not değerlendirmesine tabii tutulmayacaktır. Lütfen tüm soruları okunmaya ve cevaplandırılmaya özen gösteriniz!

Başarılar Dilerim

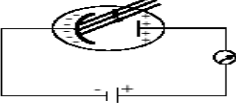
1. A. Bir kara cisim modeli çiziniz. Çizdiğiniz modeli neden kara cisim olduğunu kısaca açıklayınız. (8 P)

- B. Çevrenizde kara cisim ışıması yaptığını düşündüğünüz en az 3 örnek veriniz ve neden kara cisim ışımasına örnek olduklarını kısaca açıklayınız. (8 P)

2. A. Aşağıda bir öğrencinin tasarladığı bir alarm sistemi gösterilmektedir. Bu devrenin nasıl çalıştığını kısaca açıklayınız. (8 P)



- B. Aşağıdaki devrede oluşan akımı artırmak için kullanılan metal levhanın **cinsi**, **yüzey alanı**, **levhalar arası mesafe**, devreye uygulanan **gerilim** ve **ışın şiddeti** değişkenlerini nasıl değiştirebilirsiniz, nedeni ile birlikte kısaca açıklayınız. (8 P) (Çelebi ışın frekansı aynı kalacaktır.)



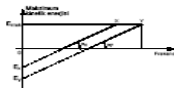
3. A. Yüksek enerjili bir fotonun serbest bir elektrona çarpışması durumunu çiziniz. Bu durum hangi bilimsel olayla açıklanmaktadır, kısaca açıklayınız. (8 P)

- B. Foton ve elektronun her biri için çarpışma öncesi-sonrası **enerji**, **frekans**, **dalga boyu**, **hız** ve **momentumlarını** kıyaslayınız. Toplam enerji ve toplam momentum için ne söyleyebilirsiniz. (8 P)

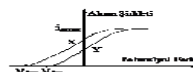
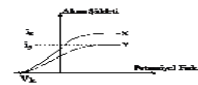
4. Aşağıdaki tabloda klasik fizikte; kara cisim ışıması, fotoelektrik ve compton olaylarının nasıl açıklandığı belirtilmektedir. Modern fiziğin bu görüşlere yaklaşımı nasıldır, açıklayınız? (12 P)

	Klasik fizik	Modern fizik
Kara cisim ışıması	ışın dalga boyu küçüldükçe şiddeti sonsuza doğru artmaktadır. Işık şiddeti arttıkça fotonun enerjisinin de arttığı ifade edilmektedir.	
Fotoelektrik olay	ışın şiddeti artınca, metal yüzeyden sökülen fotoelektronlar daha büyük kinetik enerjiye sahip olacaktır. Metal yüzeye gönderilen elektromanyetik dalgaların, elektron koparmaları için bir frekans yansı enerjisi limiti olmadığı ve her frekans değerinde yüzeyden elektron kopabileceği ifade edilmektedir.	
Compton olayı	Metal yüzeye gelen elektromanyetik dalganın elektrik alanının etkisiyle elektronlar titreşmeye başlar ve titreşen elektronlar (ivmeli hareket nedeniyle) değişik yönlere yeni elektromanyetik dalga yayılır. Saçılan elektromanyetik dalganın dalga boyu ise gelen ışının dalga boyuna eşit olduğu ifade edilmektedir.	

5. Aşağıda X ve Y metallerine düşürülen ışınlar ait grafik yer almaktadır. A. Fotoelektronların sahip olduğu **maksimum kinetik enerjilerini**, **açılarını**, **başlangıç enerjilerini** (eşik enerjisi) ve **durdurma gerilimlerini** (kesme potansiyeli) karşılaştırınız. (8 P)



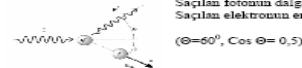
- B. Fotonların **frekanslarını**, **ışık şiddetlerini**, devrede oluşan **akımları**, kopan elektronların **kinetik enerjilerini** ve **durdurma gerilimlerini** (kesme potansiyeli) karşılaştırınız. (10 P)



6. Aşağıdaki sayısal işlemleri cevaplandırınız. (12 P)
a. Gribe yakalanan Aliyya'nın vücut sıcaklığı 39,5 °C olup, cildinden salınan ışımanın tepe noktasındaki dalga boyunu ve spektrumdaki yerini bulunuz.

- b. Dalga boyu 6200 Å olan kırmızı ışık bir fotosel devreye düşürüldüğünde, sökülen elektronları durdurmak için fotosel 1 voltluk gerilim uygulanıyor. Aynı fotosel 3100 Å dalga boyu mor ötesi ışık düşürüldüğünde sökülen elektronların kinetik enerjisi kaç eV dir? (h.c=12400 eV. Å)

- c. 50 Å dalga boylu X ışını durgun haldaki elektrona çarparak şekildedeki gibi 60° ile saçılıyor. Buna göre; Saçılan fotonun dalga boyu kaç Å'dır? Saçılan elektronun enerjisi kaç J dir? (h.c=12400 eV. Å)



7. Işın ikili doğası ne anlama gelmektedir? Kara cisim, fotoelektrik ve compton olayları ışın hangi özelliğine vurgu yapmaktadır? Niçin? (10 P)

Extended Summary

Effect of Designed Materials According to 7E Learning Model on Success of High School Students in Modern Physics

Günay PALIÇ ŞADOĞLU, Ali Rıza AKDENİZ

Introduction

Blackbody Radiation (Planck, 1900), Photoelectric Effect (Einstein, 1905), and Compton Scattering (Compton, 1923) phenomenon indicate evidence about that light consists of particles called photons. These phenomenons led to emergence of the modern quantum theory. Additionally, it is thought that the subjects of modern physics, being one of the high school 11th grade study units, are more abstract in comparison to other physics subjects and therefore more difficult to learn. Literature shows that studies on identifying the misconceptions of students in relation to quantum physics concepts and more effective teaching and learning of quantum physics concepts has become an area that attracts the interest of physics education researchers in the past years (Ayvacı, 2013; Çalışkan, Selçuk & Erol, 2009; Escalada, 1997; Özcan, 2011; Özdemir, 2008; Özdemir ve Erol, 2008; Sadaghiani, 2005; Şen, 2002; Vadnere & Joshi, 2009; Yıldız, 2009; Yıldız & Büyükkasap, 2011a; Yıldız & Büyükkasap, 2011b). Such studies determined that students perceive the quantum lessons as difficult and hard to understand (abstract), that quantum concepts are not learned sufficiently and the learned concepts were not permanent (Didiş, Özcan & Abak, 2008; Didiş, Eryılmaz & Erkoç, 2010; Özcan, 2011; Steinberg, Wittman, Bao & Redish, 1999; Singh, 2001; Singh, Belloni & Christian, 2006; Zhu, 2011). The complex mathematical infrastructure, abstract and non-parallel to each other concepts of the quantum physics were determined to be among the difficulties experienced in learning the subject (Akarsu, 2007; Akarsu 2011; Didiş, Eryılmaz & Erkoç, 2010). For most students quantum physics is defined as based only on mathematical formulas and difficult to understand (Styer, 1997). As a result, it is noted that under the effect of many misconceptions, students exhibit very low rate of success (Didiş, Özcan & Abak, 2008; Singh, Belloni & Christian, 2006; Styer, 1997; Yıldız & Büyükkasap, 2011a). Additionally, the physics textbooks, based on knowledge-based physics education programs were converted to activity based form. Therefore, sample course materials that can be utilized by students and teachers are needed. In this study, it is

intended to develop class material for students and teachers in accordance with the 7E learning model and investigate effects of the material on students' achievement for Blackbody Radiation, Photoelectric Effect, and Compton Scattering subjects in Modern Physics Unit.

In this study, it was used quasi-experimental design consisting of experimental and control groups. The quasi-experimental design is frequently used in education researches and is able to be controlled due to the fact that errors or variables that could endanger the internal validity and arising from such sources as date, testing and tools will have the same effect in the experimental and the control groups (Çepni, 2010). The sample composed of 50 11th grade students from Anatolian High School and 1 physics teacher working at this school. Subjects were taught according to 7E learning model in experimental group and traditional teaching was conducted in control group. The application was carried out throughout a 4-week period in 12 academic hours. The study uses the Modern Physics Achievement Test in order to determine the effect of 7E learning model on student success rate in the high school 11th grade Modern Physics Subjects Black Body Radiation, Photoelectric Effect and Compton Scattering. The Modern Physics Achievement Test contains 7 open-ended questions and was applied as pre-test and post-test. The success rate of students was limited by the responses provided by students to the conceptual and operational questions of the success test.

In this study, the 7E learning model caused a positive change in increasing the rate of success among students studying the subjects of Black Body Radiation, Photoelectric Effect and Compton Scattering subjects. In other words, it was concluded that the 7E learning model affects positively the conceptual and computational learning of students. It can be said that education performed according to the 7E learning model allowed to objectify the subjects of black body radiation, photoelectric and compton scattering, to execute the lesson more effectively, to make the lesson more interesting and attractive and therefore resulting in student attendance during the class and their active participation in it.

Citation Information

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), 77-110