

Fizik Öğretmen Adaylarının Gerçek ve Sanal Laboratuvar Deneylerine İlişkin Görüşleri

Opinions of Pre-service Physics Teachers about Real and Virtual Laboratory Experiments

Esra Bilal Önder¹, Zafer Tanel², Rabia Tanel³

¹Sorumlu Yazar, Dr. Öğr. Üyesi., Elektronik ve Otomasyon Bölümü, İzmir Meslek Yüksekokulu, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye, esra.bilal@deu.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0003-3314-5735>)

²Doç. Dr., Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Buca Eğitim Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye, zafer.tanel@deu.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0003-2172-7121>)

³Prof. Dr., Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Buca Eğitim Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye, rabia.tanel@deu.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0002-3096-1748>)

Geliş Tarihi: 30.11.2022

Kabul Tarihi: 07.01.2023

ÖZ

Bu çalışmada, fizik öğretmen adaylarının gerçek ve sanal laboratuvar deneylerine ilişkin görüşlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın katılımcıları bir devlet üniversitesinin eğitim fakültesinde öğrenim gören ve Fizik Öğretiminde Laboratuvar Uygulamaları 2 dersine kayıtlı 28 fizik öğretmeni adaydır. Öğretmen adaylarının aynı deneyi sanal ve gerçek laboratuvar ortamlarında gerçekleştirmesi sağlanmıştır. Durum çalışması şeklinde tasarlanan araştırmanın verileri 4 açık uçlu soru içeren ve araştırmacılar tarafından geliştirilmiş olan Gerçek ve Sanal Laboratuvarlarda Gerçekleştirilen Fizik Deneylerine İlişkin Öğretmen Adayı Görüş Anketi ile toplanmıştır. Verilerin analizi içerik analizi kullanılarak yapılmıştır. Araştırma, öğretmen adaylarının gerçek ve sanal laboratuvar deneylerinin öğretimde kullanımına ilişkin hem olumlu hem de olumsuz görüşlere sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır. Öğretmen adayları dersin giriş, gelişme, sonuç ve değerlendirme bölümlerinde gerçek ve sanal laboratuvar deneylerinin, derse hazırlık aşamasında ise yalnızca sanal laboratuvar deneylerinin kullanımının uygun olduğunu düşünmektedir. Son olarak öğretmen adayları atom fiziği ve radyoaktivite konularında sanal laboratuvar deneylerinin, diğer müfredat konularında ise hem gerçek hem de sanal laboratuvar deneylerinin kullanılmasının uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Gerçek laboratuvar, sanal laboratuvar, fizik öğretmen adayları.

ABSTRACT

In this study, it is aimed to examine the views of pre-service physics teachers about real and virtual laboratory experiments. The participants of the research are 28 physics teacher candidates who are studying at the faculty of education of a state university and enrolled in the Laboratory Applications in Physics Teaching 2 course. It was ensured that pre-service teachers performed the same experiment in virtual and real laboratory. The data of the research, designed as a case study, were collected with the Pre-service Teacher Opinion Questionnaire on Physics Experiments Performed in Real and Virtual Laboratories, developed by the researchers, and includes 4 open-ended questions. Data analysis was done using content analysis. The research revealed that pre-service teachers have both positive and negative views on the use of real and virtual laboratory experiments in teaching. Pre-service teachers think that it is appropriate to use real and virtual laboratory experiments in the introduction, development, conclusion, and evaluation parts of the course, and only virtual laboratory experiments in the preparation stage for the lesson. Finally, the

pre-service teachers stated that it was appropriate to use virtual laboratory experiments in atomic physics and radioactivity, and both real and virtual laboratory experiments in other curriculum subjects.

Keywords: Real laboratory, virtual laboratory, pre-service physics teacher.

GİRİŞ

Fizik, temel bilimlerden biridir ve tüm temel bilimlerle yakından ilişkili olup bilimsel gelişmelerin büyük bir bölümünü derinden etkiler (Feynman, Sands ve Leighton, 2016). Fiziğin ana amacı ise doğa olaylarını yöneten yasaları ortaya çıkarmak ve bu yasaları sonraki deneylerin sonuçlarını öngörecektir teorilerin oluşturulmasında kullanmaktır (Serway ve Beichner, 2002). Fizik bilimi teorik temele dayanmakla birlikte büyük oranda uygulamalı bir bilim dalı olarak düşünülebilir. Bu nedenle deneysel uygulamalar fizik bilgisi üretmenin ve öğrenmenin en temel yollarından birisidir.

Bilgi, öğrenenin zihninde yapılandırılır ve bilginin bir anahtarın kilide uyması gibi gerçeğe uyması gerekmektedir (Bodner, 1986). Öğrenme sürecini öğrenenin mevcut bilgileri etkilemektedir. Öğrencilere mevcut bilgilerinin yetersiz veya hatalı olduğunun gösterilmesi onların var olan zihinsel yapılarını düzenlenmeyebilmeleri için oldukça önemlidir. Fizik öğretiminde gerçekleştirilen laboratuvar uygulamaları öğrenci için etkin, anlamlı ve kalıcı bir öğrenme ortamı oluşturulması bakımından oldukça önemlidir (Akdeniz ve Karamustafaoğlu, 2003). Öğrenciler laboratuvarlarda hem bilimsel bilgiyi hem de bilimsel bilgiye erişim yolunu öğrenme şansını yakalarlar. Trumper'e (2003) göre laboratuvar veya saha çalışması yapmadan bilim veya bilim yapmayı öğrenmek hayal bile edilemez çünkü deney yapma tüm bilimsel bilgiyi ve anlamayı doğrulayan bir etkinliktir.

Laboratuvar etkinliklerinin yürütülmesi sırasında tümdengelim, tümevarım ve araştırma esasına dayalı bir yaklaşım izlenebilir (Çepni, Ayas, Johnson ve Turgut, 1997). Laboratuvarlarda tümdengelim yaklaşımı kapalı uçlu deneyler, tümevarım yaklaşımı açık uçlu deneyler ve araştırma esasına dayalı yaklaşım ise hipotez test etme türündeki deneyler ile gerçekleştirilir (Çepni, Ayas, Johnson ve Turgut, 1997). Kullanılacak yaklaşımın dolayısıyla deney türünün hangisinin olacağına seçiminde öğrenciye kazandırılmak istenen becerilerin neler olduğu önemli role sahiptir. Daha önceden öğrenilmiş kavram, bilgi, teori ya da yasaların doğrulanması amacıyla yapılan kapalı uçlu deneylerde öğrenci kendisine önceden tanımlanmış deney aşamalarını izler (Eryılmaz-Muştu, Ertuş Kılıç ve Şen, 2018). Açık uçlu deneylerde öğrenciye deneyin amacı ve malzemeleri verilir ve onlardan deneyi tasarlamaları ve gerçekleştirmeleri ve deney sonuçlarını yorumlamaları beklenir. Hipotez test etme türündeki deneylerde öğrenciler kurdukları bir hipotezi test etmek amacıyla deneyi tasarlar, gerçekleştirir ve sonuçlarını yorumlayarak hipotezlerini kabul veya reddederler. Öğrenciler bu deney türünde bilimsel süreç becerilerini geliştirirken gerçek bir bilim insanı gibi çalışırlar (Çepni, Ayas, Johnson ve Turgut, 1997).

Fizik bilgisinin yanında yaratıcı düşünme, eleştirel düşünme ve bilimsel süreç becerilerini öğrencilere kazandırmak ve bu amaca hizmet edecek öğrenme ortamlarını hazırlamak fizik öğretmenlerinin görevidir. Fizik öğretmenin bilimsel süreç becerilerini öğrencilerine kazandırması, onların bilim insanı gibi düşünmelerini ve davranmalarını sağlamak açısından önemlidir. Nitekim, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından tanımlanan "Fizik Öğretmeni Özel Alan Yeterlikleri" incelendiğinde, fizik öğretmeninden dersinde; "öğrencilerin yaratıcı düşünme, eleştirel düşünme ve bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacak ve öğrencilerin zihinsel ve fiziksel olarak aktif olabilecekleri ortamlar oluşturması" (B2.5), "işlevsel bir fizik laboratuvarı düzenlemesi" (C2.4), "belirlenen amaca göre uygun laboratuvar yaklaşımlarını uygulaması" (B3.6), "soyut kavramları somutlaştırmak; pahalı, tehlikeli ve zor olan etkinlikleri canlandırmak için basit simülasyon ve/veya animasyonlar hazırlaması" (C8.6) beklenmektedir (MEB, 2017). Bu nedenle fizik öğretmenlerinin meslek yaşantılarına başlamadan önce laboratuvar becerilerinin geliştirilmesi ve farklı laboratuvar yaklaşım ve deney türlerini deneyimlemeleri son derece önemlidir.

Laboratuvar deneyleri teorik çalışmaların doğruluğunu gösterme ve görselleştirme olanağı sunarlar (Aydoğdu, 2009). Laboratuvar uygulamaları öğrencilere fiziksel ekipmanı kullanma şansı verdiklerinden ölçme, sorun tespit etme ve sorun giderme gibi birçok pratik laboratuvar becerisi elde etme şansı da verirler. Ayrıca öğrenciler gerçek laboratuvarında ölçüm hataları gibi durumlarla karşılaştıkları için bilimin karmaşıklığını da öğrenirler. Bununla birlikte alanyazın incelendiğinde öğretmenler laboratuvarları; tecrübe eksiklikleri, laboratuvarın olmaması, laboratuvarındaki araç-gereç yetersizlikleri, güvenlik eksikliği, maliyetin yüksek olması, deneyin zaman alıcı olması, sınıfların kalabalık olması gibi nedenlerden dolayı yeterli seviyede kullanmadıklarını belirtmişlerdir (Akdeniz ve Karamustafaoğlu, 2003; Arslan, Ogan Bekiroğlu, Süzük ve Gürel, 2014; Aykutlu, Bezen ve Bayrak, 2016; Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Çepni, Kaya ve Küçük, 2005; Koç-Ünal ve Şeker, 2020; Sarı, 2013; Tanel ve Tanel, 2010; Yılmaz-İnce ve Kutlu, 2014).

Gerçek laboratuvara yönelik yukarıda değinilen sorunların giderilmesi için teknolojinin eğitime entegrasyonunun sağlandığı sanal laboratuvarlardan/deneylerden yararlanmanın faydalı olacağı düşünülmektedir. Eğitimde teknoloji entegrasyonu, ilgili BİT araçlarının derse/programa entegrasyonunu ve böylece o dersin/programın öğretilmesi ve öğrenilmesinin artık onlarsız olamayacağını ve öğrenci merkezli ortamlar oluşturarak öğrencilerin yaratıcılığına ve üreticiliğine izin veren, istedikleri değişiklikleri yapmalarını sağlayan kullanımı ifade eder (Maddux ve Johnson, 2006; Pelgrum ve Law, 2003:23; Tubin, 2006). Dolayısıyla bahsedilen öğrenci merkezli ortamları sağlayan teknolojilerin, fizik eğitiminde önemli bir yer kapsayan laboratuvar uygulamalarına yansıtılmasının özellikle farklı nedenlerle doğrudan gerçekleştirilemeyen deneylerin gerçekleştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sanal laboratuvar, gerçek olayları simülasyonlar ile etkileşimli öğrenme amacıyla oluşturulmuş bir web sitesi veya yazılımdır. Sanal laboratuvarlarda deneylerin gerçekleştirilmesi ele alınan konuya uygun şekilde hazırlanan simülasyonlar ile olmaktadır. Simülasyonlar fiziksel olayların bazı değişkenlerinin değiştirilerek bilgisayarlar ile temsil edildiği çoklu dinamik modeller olarak tanımlanmaktadır (Yener, Aydın ve Köklü, 2012). Simülasyonlar öğretmenlerin öğretim potansiyellerini geliştirmeyi ve öğrencilerin aktif katılımını kolaylaştırmayı amaçlayan yeni eğitim ortamları sunmaları nedeniyle fizik öğretimi ve öğreniminde özel bir öneme sahiptir (Jimoyiannis ve Komis, 2001).

Sanal laboratuvarlar ile gerçek laboratuvarlarda olduğu gibi, bilimin doğasını keşfetmek, takım çalışması becerilerini geliştirmek, bilime ilgi geliştirmek, kavramsal anlayışı teşvik etmek ve sorgulama becerilerini geliştirmek gibi benzer hedeflere ulaşabilir, aynı zamanda sanal laboratuvarların belirli üstünlükleri de vardır (de Jong, Linn ve Zacharia, 2013). Gerçek laboratuvarlarda gözlenmesi mümkün olmayan durumların veya soyut kavramların sanal laboratuvarlarda deneyinin yapılarak somutlaştırılması sağlanabilir (Bozkurt, 2008; Okur, 2021; Özdemir, 2019). Öğrencilerin deneylere hazırlıklı gelmemesi durumunda deneylerin gerçekleştirilmesi uzun zaman alabilir. Bu durum öğrencinin motivasyonunun düşmesine ve öğretmenin de ders konularını yetiştirememesine neden olacaktır. Sanal laboratuvar deneyleri derse gelmeden önce yapıldığında öğrencilerin deney araç gereçlerini tanıma fırsatı olur ve bu durum laboratuvar deneylerinin daha kolay ve çabuk yapılmasını sağlayabilir (de Jong, Linn ve Zacharia, 2013; Karagöz, 2006; Koç Ünal ve Şeker, 2020; Okur, 2021). Sanal laboratuvar deneyleri daha duyarlı ölçüm alınmasına, güvenilir veriler elde edilmesine olanak sağladığı için inandırıcılığı artırır (Okur, 2021; Uzal ve Erdem, 2009). Sınıfların kalabalık olması laboratuvarında deneylerin grup çalışması şeklinde yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Sanal laboratuvar deneylerinin ortamdan ve zamandan bağımsız olarak yapılabilmesi (Ceylan ve Saygıner, 2017; Duman ve Avcı, 2016; Karagöz, 2006) ve bireysel çalışmaya olanak tanınması (Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Koç Ünal ve Şeker, 2020) bu sorunun aşılmasını kolaylaştırdığı gibi laboratuvar ve malzeme eksikliğinden kaynaklı maliyet sorunlarını ve laboratuvarlarda meydana gelebilecek tehlikeli durumları da ortadan kaldıracaktır (Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Duman ve Avcı, 2016; Koç Ünal ve Şeker, 2020; Özdemir, 2019). Ayrıca sanal laboratuvar deneylerinin öğretim sürecini

eğlenceli hale getirmesi yoluyla öğrencilerin derse karşı ilgi ve motivasyonunu artırması da onların fizik öğretiminde tercih edilmesinin bir nedenidir (Bozkurt ve Sarıkoç 2008; Koç Ünal ve Şeker, 2020; Okur, 2021).

Sanal laboratuvarların bahsedilen pek çok üstünlüklerinin yanında bu deneylerin gerçekleştirilmesi için bilgisayar veya mobil cihazlara gereksinim duyulması onların olumsuz yanlarından biridir. Ayrıca iyi kurgulanmamış sanal laboratuvar deneylerinin öğrencileri hazırcılığa alıştırmaları ve kurulumlarının zaman alması bu deneylerin dezavantajlarıdır (Okur, 2021).

Görüldüğü üzere gerçek ve sanal laboratuvar deneylerinin fizik öğretiminde kullanılmasının öğretmen ve öğrenci açısından hem olumlu hem de olumsuz bazı yönleri bulunmaktadır. Dolayısıyla, öğretmen adaylarının bu deney türlerinin her ikisi ile de öğretimleri sırasında karşılaşmış olmalarının, meslek yaşamlarında önemli olacağı düşünülmektedir. Bu şekilde adaylar kendi deneyimlerine göre bir karar verebilecek, gerçek ve sanal laboratuvar deneyleri hangi durumlarda kullanabileceklerinin öngörüsüne sahip olacaklardır. Bu nedenle bu çalışmada aynı deneyi her iki deney türünü kullanarak gerçekleştiren fizik öğretmen adaylarının gerçek ve sanal laboratuvar deneyleri hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Fizik öğretmen adaylarının gerçek ve sanal laboratuvarlarda yapılan deneyler hakkındaki görüşlerini belirlemeyi amaçlayan çalışmanın bu bölümünde araştırmanın modeli, çalışma grubu, uygulama süreci, veri toplama aracı, verilerin analizi ve araştırmanın sınırlılıkları konuları verilmektedir.

2.1. Araştırmanın Modeli

Öğretmen adaylarının gerçek ve sanal laboratuvarlarda gerçekleştirilen fizik deneylerine ilişkin görüşlerinin incelemek için bu çalışmada durum çalışması kullanılmıştır. Durum çalışması, nitel araştırma yöntemlerinden biridir. Durum çalışması değişkenler üzerinde araştırmacı kontrolünün olmadığı güncel bir durumun nedenlerini ve sonuçlarını anlama, tanımlama ve betimleme işlerini içerir (Ozan Leymun, Odabaşı ve Kabakçı Yurdakul, 2017). Durum çalışmaları, duruma ait etkenlerin ilgili durum üzerindeki etkilerinin ve ilgili durumdan nasıl etkilendiklerinin bütüncül bir yaklaşımla araştırılması olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2006).

2.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubu seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden biri olan uygun örnekleme yöntemi (Büyükoztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2019) ile yapılmıştır. Bu nedenle araştırmanın katılımcıları İzmir’de bir devlet üniversitesinin eğitim fakültesinde öğrenim gören ve “Fizik Öğretiminde Laboratuvar Uygulamaları 2” dersine kayıtlı 10 erkek ve 18 kadın toplam 28 öğrenci olarak belirlenmiştir. Bu ders üçüncü sınıfta bahar döneminde verilmektedir ve araştırmanın amacına yönelik çalışma yapmaya uygun ders içeriğine sahiptir.

Çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için gerekli etik kurul izni Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü’nün 26.04.2022 tarihli ve E-87347630-659-245863 sayılı karar yazısı ile alınmıştır. Araştırmanın çalışma grubunda bulunan öğrencilerin tümü uygulama öncesi gönüllü katılımcı onam formunu doldurmuşlardır.

2.3. Uygulama Süreci

Araştırmanın uygulama süreci üç aşamalıdır: bilgilendirme, deney ve sunum. Uygulama boyunca her öğrenciye bir bilgisayar olanağı sunan bilgisayar laboratuvarı ve fakültenin fizik laboratuvarları derslik olarak kullanılmıştır. Uygulamada yürütülen deneyler hem laboratuvar

ortamında gerçek malzemelerle hem de sanal laboratuvarda gerçekleştirilebilecek şekilde seçilmiştir.

Bilgilendirme aşaması bir haftalık ders saatinde yapılmıştır. Bilgilendirme aşamasında öğretmen adayları sanal laboratuvar deneylerini ücretsiz olarak gerçekleştirebilecekleri simülasyonları içeren web siteleri ve web uygulamaları hakkında bilgilendirilmişlerdir. Uygulamada Tinkercad web uygulaması, PhET simülasyonları ve Okulda Fizik Simülasyonları sanal laboratuvar deneylerini gerçekleştirmek için kullanılmıştır.

Tinkercad 3 boyutlu tasarım, elektronik ve kodlamaya yönelik ücretsiz bir web uygulamasıdır ve bu uygulamaya <https://www.tinkercad.com/> internet adresinden erişilebilir. Tinkercad web uygulaması öğretmenler ve öğrenciler tarafından kullanılabilir. Bilgilendirme aşamasında öğrenci ve öğretmen olarak kayıt ve bir derse katılma, öğretmen olarak ders oluşturma ve ders içinde etkinlik oluşturma, öğrenci olarak oluşturulan derse ve etkinliğe katılım sağlama, öğretmen olarak düzenlenen etkinliklerde öğrenciler tarafından oluşturulan devre tasarımlarını kontrol etme ve dönüt verme, devre elemanları, devre kurma ve devre simülasyonunu çalıştırma konularında bilgi verilmiştir. Daha sonra örnek bir etkinlik içerisinde bir devre tasarımı yaptırılmış, dönütler verilmiş ve bu devrelerin simülasyonları çalıştırılarak örnek ölçümler alınmıştır. Tinkercad web uygulaması öğrencilerin elektrik devrelerini laboratuvarda olduğu gibi bread-board üzerine kurmalarına olanak vermektedir.

PhET simülasyonları, Carl Wieman tarafından Colorado Boulder Üniversitesinde 2002 yılında kurulan PhET Etkileşimli Simülasyonlar projesinin ürünüdür, fizik, kimya, biyoloji, matematik ve yerbilimleri alanlarında ücretsiz ve etkileşimli simülasyonlar içerir ve simülasyonlara <https://phet.colorado.edu/tr/> internet adresinden ulaşılabilir. PhET; hareket, ses ve dalgalar, iş, enerji ve güç, ısı ve termodinamik, kuantum gerçekliği, ışık ve radyasyon, elektrik, miknatıslar ve devreler konularında Türkçe dil desteği sağlanmış fizik simülasyonlarına sahiptir. PhET simülasyonları deney değişkenlerinin değerlerinin değiştirilmesi ve ölçülmesini sağlayan özelliğe sahiptir ve bilgisayara indirilmeleri gerekmemektedir. Öğretmen adaylarına PhET simülasyonlarına erişim, simülasyonların özellikleri ve kullanımları hakkında bilgi verilmiştir.

Okulda Fizik, Türkçe dil desteği olan ve internet ortamında erişim sağlanabilen, mekanik, kütle çekim alanı, titreşimler ve dalgalar, moleküler fizik ve termodinamik, elektrostatik, elektrik akımı, yarı iletkenler, sıvılarda elektrik akımı, gazlar ve vakum, manyetik alan, alternatif akım, optik, özel görelilik, atom fiziği, çekirdek fiziği ve matematik gibi çeşitli konularda çok sayıda animasyonlar ve simülasyonlar sunan bir web sayfasıdır ve sayfaya <https://www.vascak.cz/?id=1&language=tr> internet adresinden erişilebilir. Öğretmen adaylarına Okulda Fizik simülasyonlarına erişim, simülasyonların özellikleri ve kullanım alanları hakkında bilgi verilmiştir.

Gerekli bilgilendirme eğitimlerinin ardından öğretmen adaylarından 3-4 kişilik toplam sekiz grup oluşturulmuş ve gruplara hem gerçek hem de sanal laboratuvarda gerçekleştirmelerine fırsat verecek şekilde seçilen; akım ve gerilim bölücüler, Kirchhoff yasaları, kuvvet dengelenmesi, yaylar, basit sarkaç, eylemsizlik momenti, mercekler ve kırılma deneyleri paylaştırılmıştır.

Uygulama sürecinde öğretmen adaylarının yürüttükleri deneylerin MEB programı kapsamındaki yeri ve kullanılan simülasyonların hangi sanal laboratuvar ortamında olduğu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerin MEB Programı Kapsamındaki Yeri ve Gerçekleştirilmeleri İçin Seçilen Sanal Laboratuvar Türü

Deney	MEB Programı Kapsamında		Sanal laboratuvar
	Sınıf düzeyi	Konu Adı	
Akım ve gerilim bölücüler	10	Elektrik devreleri	Tinkercad
Kichhoff yasaları	10	Elektrik devreleri	Tinkercad
Mercekler	10	Mercekler	PhET
Kırılma	10	Kırılma	PhET
Kuvvet dengelenmesi	11	Denge ve denge şartları	Okulda Fizik
Eylemsizlik Momenti	12	Dönerek öteleme hareketi	Okulda Fizik
Basit sarkaç	12	Basit harmonik hareket	PhET
Yaylar	12	Basit harmonik Hareket	PhET

İlgili deneyler hem gerçek hem de kullanılacak sanal laboratuvarlarda yapılması mümkün olan konular arasından seçilmiştir.

Deney aşaması sunum aşamasıyla eş zamanlı olarak yürütülmüştür ve 4 hafta sürmüştür. Bu aşamada her gruptan sorumlu oldukları deneyi önce gerçek laboratuvarında gerçekleştirmeleri, deney yapım aşamasını videoya almaları, gerekli hesaplamalarını yapmaları, ardından aynı deneyi sanal laboratuvarında gerçekleştirip, ölçümlerini alarak gerekli hesaplamalarını yapmaları, elde edilen sonuçları tablolar ile karşılaştırmaları istenmiştir.

Sunum aşaması her hafta iki grubun yaptığı deneyi sınıfta sunması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Gruplar sunumlarını tamamladıktan sonra kendilerini izleyen arkadaşlarına sundukları deneye ilişkin 3-4 adet soruyu EDMODO sosyal öğrenme platformu üzerinden göndermiş ve 1 hafta içinde yanıtlanmasını istemiştir. Sorulan sorular yapılan deneyle ilgili hesaplama, boşluk doldurma, doğru yanlış, deney yaparak sonuç bulma türündedir. Öğrenciler bu soruları öğrendikleri teorik bilgi ve tanıtılan simülasyonu kullanarak yanıtlamıştır. Değerlendirme aşamasında gruplar yanıtın doğru veya yanlış olmasına göre öğrenciye EDMODO platformu üzerinden geribildirimde bulunmuştur.

2.4. Veri Toplama Aracı

Veri toplama aracı olarak araştırmacılar tarafından hazırlanan “Gerçek ve Sanal Laboratuvarlarda Gerçekleştirilen Fizik Deneylerine İlişkin Öğretmen Adayı Görüş Anketi” uygulama sonrasında öğretmen adaylarına uygulanmıştır. Öğretmen adaylarından anket sorularına yazılı olarak yanıt vermeleri istenmiştir. Öğretmen adaylarının yanıtlarını özgürce verebilmeleri amacıyla, ankette isimlerini yazmaları istenmemiştir. Ankette bulunan sorular aşağıdaki gibidir:

1. Fizik deneylerinin gerçek laboratuvarında gerçekleştirilmesinin olumlu ve olumsuz yönlerini öğretmen ve öğrenciler açısından değerlendiriniz.
2. Fizik deneylerinin sanal laboratuvarında gerçekleştirilmesinin olumlu ve olumsuz yönlerini öğretmen ve öğrenciler açısından değerlendiriniz.
3. Gerçek laboratuvar deneylerinin ve sanal laboratuvar deneylerinin öğretimin hangi aşamasında kullanımının daha uygun olduğunu düşünüyorsunuz?
4. Gerçek ve sanal laboratuvarın fiziğin hangi konularındaki deneyler için daha uygun olduğunu düşünüyorsunuz?

2.5. Verilerin Analizi

Çalışmada öğretmen adaylarının gerçek ve sanal laboratuvarlarda gerçekleştirilen fizik deneylerine ilişkin görüşlerini tanımlayacak temaların ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu

nedenle bu çalışmada içerik analizi kullanılmıştır. İçerik analizi, verilerin ayrıntılı olarak incelenmeyi ve bu verileri açıklayan kavram ve temalara erişmeyi amaçlar (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Verilerin analizinde ilk aşamada öğretmen adaylarından alınan yazılı yanıtlar bilgisayar ortamına taşınmış ve iki araştırmacı tarafından her soru için başlıca kategori ve temalar belirlenmiştir. Araştırmanın iç geçerliliğini artırmak için analizin ikinci aşamasında tüm veriler iki araştırmacı tarafından her soru için ayrı ayrı kodlanmıştır. Kodlayıcılar arası görüş birliğini ortaya çıkarmak amacıyla güvenilirlik, Miles ve Huberman'ın (1994:64) yaklaşımına göre Güvenirlik = görüş birliği / (görüş birliği + görüş ayrılığı) formülü kullanılarak sırasıyla birinci soru için; 135/142= 0,95, ikinci soru için; 142/161= 0,88, üçüncü soru için 29/36= 0,81, dördüncü soru için; 125/126= 0,99 olarak bulunmuştur. Anket geneli için ise bu değer (431/465) = 0,93 olarak hesaplanmıştır. Akbulut'a (2013) göre kodlayıcılar arasında 0,70 ve üzerinde görüş birliğinin sağlanması bulguların inandırıcılığını artırmaktadır.

2.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma 28 fizik öğretmeni adayından alınan yazılı veriler ve 5 haftalık uygulama ile sınırlıdır. Ayrıca deneylerin seçimi, her iki laboratuvar da yapılabilmeye uygun olma, ortaöğretim fizik müfredatı kapsamında olma, öğretmen adaylarının düzeyine uygun olma gibi kriterler ile sınırlandırılmıştır.

BULGULAR

Gerçek ve Sanal Laboratuvarlarda Gerçekleştirilen Fizik Deneylerine İlişkin Öğretmen Adayı Görüş Anketi'ndeki sorulara öğretmen adaylarının verdiği yanıtlara ait verilere içerik analizi yapılmıştır. Elde edilen bulgular her soru için tablolar halinde sunulmuş ve temalara ait öğrenci görüşlerinden örnekler verilmiştir.

3.1. Öğretmen Adaylarının Gerçek Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumlu ve Olumsuz Görüşleri

Anketin ilk sorusunda öğretmen adaylarının gerçek laboratuvar deneyleri hakkındaki olumlu ve olumsuz görüşlerini yazmaları istenmiştir. Elde edilen bulgular olumlu ve olumsuz görüşler için ayrı ayrı tablolar halinde sunulmuştur.

3.1.1. Gerçek Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumlu Görüşler

Fizik öğretmen adaylarının gerçek laboratuvar deneylerine ilişkin olumlu görüşlerinin analizi sonucunda ortaya çıkan kategori ve temalar ile frekansları Tablo 2'de sunulmaktadır. Öğretmen adaylarının bazı cümleleri birden fazla temaya ilişkin örnek ifade içermektedir. Bu şekildeki cümleler ilgili olduğu her tema için ayrı ayrı incelenerek frekanslar oluşturulmuştur.

Tablo 2. Gerçek Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumlu Görüş Kategorisi ve Temaları

Kategori	Tema	Katılımcılar	Frekans (n=28)
Öğretmen	Anlatımı kolaylaştırması	ÖA3, ÖA4, ÖA12, ÖA15	4
	Kontrol etme ve hata tespitini kolaylaştırması	ÖA9, ÖA11, ÖA17, ÖA27	4
	Geri bildirim vermeyi kolaylaştırması	ÖA9, ÖA11	2
	Sınıf otoritesini sağlamayı kolaylaştırması	ÖA8, ÖA9	2
Öğrenci	Öğrenmenin kalıcı olmasını sağlaması	ÖA3, ÖA4, ÖA5, ÖA6, ÖA7, ÖA8, ÖA9, ÖA11, ÖA13, ÖA18, ÖA21, ÖA22, ÖA25, ÖA26, ÖA27	15
	Öğretici olması	ÖA8, ÖA9, ÖA10, ÖA11, ÖA12, ÖA14, ÖA15, ÖA17, ÖA19, ÖA21, ÖA23, ÖA27, ÖA28	13

Yaparak yaşayarak öğrenme sağlanması	ÖA2, ÖA3, ÖA4, ÖA5, ÖA7, ÖA8, ÖA11, ÖA17, ÖA18, ÖA21, ÖA26, ÖA27	12
İlgi çekici olması	ÖA2, ÖA5, ÖA8, ÖA12, ÖA20, ÖA24, ÖA28	7
Devinişsel alan becerisini artırması	ÖA6, ÖA10, ÖA11, ÖA14	4
İletişim becerilerini ve iş birliğini artırması	ÖA7, ÖA10, ÖA16, ÖA19	4
Pekiştirme sağlanması	ÖA8, ÖA11	2
Deney araç-gereçlerinin kullanımını öğrenmeyi sağlanması	ÖA1	1
Gerçekçi/inandırıcı gelmesi	ÖA13	1

Tablo 2’de görüldüğü üzere; öğretmen kategorisi altında toplam 12 ifadeden dört tema ortaya çıkarken, öğrenci kategorisi altında toplam 59 ifadeden dokuz tema ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları gerçek laboratuvarlara ilişkin toplam 71 olumlu ifade üretmişlerdir.

3.1.1.1. Öğretmen Kategorisi

Öğretmen kategorisinin altında ortaya çıkan dört temadan “Anlatımı kolaylaştırması” temasına ilişkin “*Öğretmen açısından da anlatımı kolaylaştırır.*” (ÖA3) ifadesi örnek görüş olarak verilebilir. “Kontrol etme ve hata tespitini kolaylaştırması” temasına verilebilecek örnek görüş ifadesi şöyledir; “*Öğretmenler için olumlu kısmı ise öğrencinin varsa eksikliğini daha hızlı şekilde fark edebilme imkânı sunuyor.*” (ÖA17). “Geri bildirim vermeyi kolaylaştırması” teması için “... *anlık geri bildirim vermede olumlu yarar sağlar.*” (ÖA11) ve “Sınıf otoritesini sağlamayı kolaylaştırması” teması içinse “... *gerçek laboratuvar öğretmenin sınıf otoritesini daha rahat kurmasını sağlarken...*” (ÖA8) ifadeleri örnek olarak verilebilir.

3.1.1.2. Öğrenci Kategorisi

Öğrenci kategorisinin altında ortaya çıkan dokuz tema vardır. Bu temalardan frekansı en yüksek olan “Öğrenmenin kalıcı olmasını sağlanması” temasına şu görüşler örnek olarak verilebilir:

“*Deney malzemelerine dokunmak, üç boyutlu bir şekilde gözlemlemek ve cihazların çalışma mekanizmasını gözlemlemek öğrenmeyi daha kalıcı hale getirmektedir.*” (ÖA7)

“*Gerçek ortamda yapılan deneyler öğrencilerin bilgilerini ve duyularını daha iyi kullanabilmeleri için imkân sağlar. Böylelikle daha kalıcı bir öğrenme sağlar.*” (ÖA9)

“Öğretici olması” temasına; “*Kısacası gerçek laboratuvar öğretmenin sınıf otoritesini daha rahat kurmasını sağlarken öğrencilerin dersi daha iyi anlamasına olanak sağlar.*” (ÖA8) ve “*Öğrenciler tarafından konu daha iyi anlaşılıyor.*” (ÖA9) ifadeleri örnek olarak verilebilir.

“Yaparak yaşayarak öğrenme sağlanması” teması için örnek olarak verilebilecek görüşler şöyledir:

“*Gerçek laboratuvarlarda öğrencilerin daha aktif yaparak yaşayarak öğrenmeleri mümkündür.*” (ÖA4)

“...*öğrencinin dokunarak, görerek, istediği şekilde bir şeyleri değiştirerek daha iyi öğrendiğini düşünüyorum.*” ÖA5

“İlgi çekici olması” temasına ilişkin, “*Öğrencilerin ilgisini çekerek öğrencilerin dersi dinlemesini sağlar.*” (ÖA12) ve “*Fizik deneylerinin gerçek laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesi, öğrencilerin canlı olarak gözlemleyebilmelerini sağladığı için ilgilerini daha çabuk çeker.*” (ÖA28) görüşleri örnek olarak verilebilir.

“Devinişsel alan becerisini artırması” temasına verilebilecek örnek cümle “*Yapılan bazı deneylerle öğrencilere psikomotor becerilerinin kazandırmasını söyleyebilirim.*” (ÖA14)

şeklindedir. “İletişim becerilerini ve iş birliğini artırması” temasına verilebilecek örnek ifade şöyledir: “*Öğretmen öncülüğünde öğrencilerle birlikte gerçek laboratuvarlarda yapılan deneylerde iletişim ve işbirlikli öğrenme ön plandadır.*” (ÖA7). “Pekiştirme sağlaması” teması için; “*Öğrenci gerçek anlamda deney yaparak konuyu kafasında somutlaştırıp pekiştirebilir.*” (ÖA11) ifadesi örnek olarak verilebilir. “Deney araç-gereçlerinin kullanımını öğrenmeyi sağlaması” temasına ilişkin ifade “...*, aletlerin kullanımlarını öğrenmek gibi sorumlulukları kazanırlar.*” (ÖA1) şeklindedir. “Gerçekçi/inandırıcı gelmesi” temasını ortaya koyan ifade ise “*Olumlu yönü olarak her şeyin gerçek hayatta da olduğuna inanmaları yani daha gerçekçi olması.*” (ÖA13) şeklindedir.

3.1.2. Gerçek Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumsuz Görüşler

Fizik öğretmen adaylarının gerçek laboratuvar deneylerine ilişkin olumsuz görüşlerinin analizi sonucunda ortaya çıkan kategori ve temalar ile frekansları Tablo 3’te sunulmaktadır.

Tablo 3. Gerçek Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumsuz Görüş Kategorisi ve Temaları

Kategori	Tema	Katılımcılar	Frekans (n=28)
Genel	Araç-gereç, laboratuvar eksikliği ve yetersizliği/ Maliyet sorunları	ÖA3, ÖA4, ÖA5, ÖA6, ÖA7, ÖA8, ÖA9, ÖA10, ÖA11, ÖA13, ÖA14, ÖA15, ÖA16, ÖA18, ÖA19, ÖA20, ÖA21, ÖA25	18
	Kalabalık sınıflar/ Deney grubundaki öğrenci sayısının çokluğu	ÖA1, ÖA2, ÖA8, ÖA10, ÖA12, ÖA18, ÖA20, ÖA22	8
Öğretmen	Tehlikeli durumlar	ÖA6, ÖA9, ÖA10, ÖA16, ÖA19, ÖA27, ÖA28	7
	Süre sıkıntısı	ÖA2, ÖA6, ÖA12, ÖA22, ÖA24	5
	Yorucu olması	ÖA12, ÖA17	2
Öğrenci	Kalabalık sınıflar/ Deney grubundaki öğrenci sayısının çokluğu	ÖA1, ÖA2, ÖA6, ÖA7, ÖA8, ÖA10, ÖA12, ÖA14, ÖA18, ÖA20	10
	Tehlikeli durumlar	ÖA6, ÖA9, ÖA10, ÖA16, ÖA19, ÖA21, ÖA26, ÖA27, ÖA28	9
	Deney sonuçlarında hata payının bulunması	ÖA6, ÖA13, ÖA15, ÖA23, ÖA25, ÖA28	6
	Pasif kalan öğrenciler	ÖA14, ÖA19, ÖA22	3
	Süre sıkıntısı	ÖA7, ÖA8	2
	Yorucu olması	ÖA10	1

Tablo 3’te görüldüğü üzere; genel kategorisi altında 18 ifadeden bir tema, öğretmen kategorisi altında toplam 22 ifadeden dört tema ortaya çıkarken, öğrenci kategorisi altında toplam 31 ifadeden altı tema ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları, gerçek laboratuvarlara ilişkin toplam 71 olumsuz ifade üretmişlerdir.

3.1.2.1. Genel Kategorisi

Öğretmen adaylarının olumsuz görüşlerine ilişkin belirlenen genel kategorisi altında yer alan “Araç-gereç, laboratuvar eksikliği ve yetersizliği/ Maliyet sorunları” temasına örnek olarak gösterilebilecek görüşler şöyledir;

“*Fakat deneylerin gerçek anlamda tam olarak araç gereçlerinin bulunamaması yetersizlik olumsuz yanlarıdır.*” (ÖA11)

“*Yeterli laboratuvarın bulunmaması, maliyetin yüksek olması, sınıfların kalabalık olmasından dolayı her öğrenciye yeterli öğrenme imkanının sağlanamaması ve süre açısından*

yetersiz kalınma gibi sıralanabilir.” (ÖA7) (öğrenci kategorisi için kalabalık sınıflar teması ve süre sıkıntısı teması için de örnek cümledir.)

3.1.2.2. Öğretmen Kategorisi

Öğretmen kategorisinde yer alan ve frekansı en yüksek olan “Kalabalık sınıflar/ Deney grubundaki öğrenci sayısının çokluğu” temasına ilişkin örnek cümleler aşağıda sunulmaktadır;

“Sınıfların kalabalık olması öğretmenin kontrolünü olumsuz yönde etkiler. Kalabalık sınıflarda deneylerin uygulanması zor ve uzun zamanlı olur. Öğretmen deneyi uygulamada güçlük çeker.” (ÖA12)

“Olumsuz olarak; çok kişilik sınıflarla birlikte laboratuvarda deney yapılması zor olacaktır. Ortaokul ve lise dönemindeki öğrencilere zincirleme yöntemle deney yaptırıyoruz. Öğretmenin deneyi yapması ve öğrencilerin izlemesi gerekecektir. Fakat kişi fazlalığı, öğrencilerin deneyi izlemesi veya deneyi gerçekleştirilmesi açısından olumsuz olacaktır.” (ÖA20) (hem öğretmen hem öğrenci kategorileri için kalabalık sınıflar temalarına örnek olarak verilebilir.)

Olumsuz görüşlere ilişkin öğretmen kategorisi altında yer alan “Süre sıkıntısı” temasına “Kalabalık sınıflarda öğretmeninde zaman yetersizliğinden dolayı deneylerden birçok kişi mahrum kalabiliyor.” (ÖA6) ifadesi örnek gösterilebilir. “Tehlikeli durumlar” temasına “Laboratuvar ortamlarının iş kazası riski taşıyor olmaları. Bulaşıcı hastalıkların, yakın çalışılması nedeniyle bulaşma riskinin yüksek olması” (ÖA16) görüşü ile “Gerçek laboratuvarda yaşanabilecek kazalar göz önünde bulundurulduğunda öğretmen ve öğrenciyi olumsuz etkileyeceği söylenebilir.” (ÖA27) görüşü örnek verilebilir. Bu iki görüş, öğrenci kategorisi altında yer alan aynı isimli temaya da örnek verilebilecek ifadelerdir. Öğretmen kategorisi altında yer alan ve frekansı en düşük tema olan “Yorucu olması” temasına “Gerçek laboratuvar ortamında öğretmenler açısından daha yorucu bir süreç gerçekleşiyor.” (ÖA17) ifadesi örnek verilebilir.

3.1.2.3. Öğrenci Kategorisi

Öğretmen adaylarının olumsuz görüşlerine ilişkin belirlenen öğrenci kategorisi altında yer alan ve en çok değinilen “Kalabalık sınıflar/ Deney grubundaki öğrenci sayısının çokluğu” temasına örnek olarak gösterilebilecek görüşler şöyledir;

“...eğer yapılacak deney bir grup çalışmasıysa maalesef her öğrenci eşit şekilde katkı sağlamıyor. Çekingen kaldıkları veya sınıfın kalabalıklığından dolayı gruptaki birkaç öğrenci deneyi yapıyor. Bu da diğer öğrencilerin sıkılmasına neden olabilir.” (ÖA14) (“Pasif kalan öğrenciler” temasına da örnek olarak verilebilir.)

“Kalabalık sınıflarda daha zor oluyor. Öğrencilere uygulama imkânı sunmak mümkün olmuyor veya uygulama sürecinde öğretmen yeteri kadar ilgilenemeyebiliyor. Bu durumda öğrencinin kazanımlarını ölçme veya tespit etme gibi bir imkân olmuyor. Elektrik deneyleri gibi güvenlik önlemleri gerektiren deneylerde laboratuvar uygulamaları riskli olabiliyor. Ayrıca fizik şartlar açısından tüm sınıfa gerekli ekipmanların temini oldukça zor.” (ÖA10) (hem öğretmen hem öğrenci kategorileri için kalabalık sınıflar temalarına örnek olarak verilebilir.)

“Tehlikeli durumlar” temasına ilişkin “Kontrolsüz deneylerde öğrenci deneyde kullanılan malzemelerden etkilenip olumsuz kazalar yaşayabilir.” (ÖA26) ve “Gerçek laboratuvar ortamı öğretmen açısından çok fazla sorumluluğu beraberinde getiriyor. Öğrencileri gelebilecek tüm güvenlik problemlerini gözlemlemek ve gelebilecek zararlara karşı korumak zorunda olduğu bir ortam.” (ÖA21) görüşleri örnek olarak gösterilebilir.

“Deney sonuçlarında hata payının bulunması” temasına “Deneyleri gerçek laboratuvarda yaptığımızda hata payının beklediğimizden fazla çıktığını görebiliyoruz. Ne kadar denersek deneyelim bizim istediğimiz sonucu elde edemiyoruz.” (ÖA28) ve “Ya da laboratuvarlarda

malzeme yetersizliği, bozuk malzeme gibi araç gereçler de olabileceği için deney sonuçları çok da sağlıklı sonuçlar vermeyebilir diye düşünüyorum.” (ÖA6) görüşleri örnek olarak verilebilir.

Bahsedilen önceki temalara göre değinilme sıklığı düşük olan geri kalan diğer üç temadan biri olan “Pasif kalan öğrenciler” temasına “Olumsuz yönleri grup arkadaşlarından biri tembel olursa hiçbir şekilde yardım etmezse aralarında anlaşmazlık çıkar.” (ÖA19) ifadesi, “Süre sıkıntısı” temasına “Herkesin deney düzeneğini inceleyip deneyi yapmaya zamanı yetmeyebilir. Öğrenciler o deneyi sadece o laboratuvarında yapabilir.” (ÖA8) görüşü örnek verilebilir. “Yorucu olması” temasını “Laboratuvar uygulamaları öğrenci merkezli olduğu için, öğrencinin bireysel çalışmasını ve ön hazırlıklı olarak daha titiz bir çalışmayla laboratuvara gelmesini gerektirir. Bu oldukça öğretici bir yol olmasına rağmen öğrencilerin olumsuz tutum geliştirmesine sebep olabilir.” (ÖA10) görüşü oluşturmuştur.

3.2. Öğretmen Adaylarının Sanal Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumlu ve Olumsuz Görüşleri

Anketin ikinci sorusunda öğretmen adaylarının sanal laboratuvar deneyleri hakkındaki olumlu ve olumsuz görüşlerini yazmaları istenmiştir. Elde edilen bulgular olumlu ve olumsuz görüşler için ayrı ayrı tablolar halinde sunulmuştur.

3.2.1. Sanal Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumlu Görüşler

Fizik öğretmen adaylarının sanal laboratuvar deneylerine ilişkin olumlu görüşlerinin analizi sonucunda ortaya çıkan kategori ve temalar ile frekansları Tablo 4’te sunulmaktadır.

Tablo 4. Sanal Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumlu Görüş Kategori ve Temaları

Kategori	Tema	Katılımcılar	Frekans (n=28)	
Genel	Maliyetinin düşük olması	ÖA4, ÖA7, ÖA8	3	
	Eksik malzeme sıkıntısının yaşanmaması	ÖA5, ÖA14, ÖA27	3	
Öğretmen	Kolaylık sağlaması	ÖA2, ÖA3, ÖA5, ÖA6, ÖA8, ÖA10, ÖA11, ÖA13, ÖA14, ÖA17, ÖA21, ÖA22	12	
	Kolay ulaşılabilir olması	ÖA3, ÖA4, ÖA6, ÖA7, ÖA8, ÖA10, ÖA18, ÖA19	8	
	Güvenlik/tehlike riskinin olmaması	ÖA7, ÖA10, ÖA12, ÖA16, ÖA19, ÖA21, ÖA27, ÖA28	8	
	Zamandan tasarruf sağlaması	ÖA6, ÖA7, ÖA10, ÖA12, ÖA20, ÖA22	6	
	Öğrenci sonuçlarını değerlendirmenin kolay olması	ÖA5, ÖA10, ÖA19, ÖA24, ÖA27	5	
	Yeterli sayıda uygulamasının olması	ÖA4, ÖA7, ÖA9, ÖA11, ÖA14	5	
	İstenilen her an kullanılabilmesi	ÖA5, ÖA8, ÖA18	3	
	Kalabalık sınıflarda sınıf kontrolünü kolaylaştırması	ÖA1	1	
	Öğrenci	Kolay ulaşılabilir olması	ÖA1, ÖA3, ÖA4, ÖA6, ÖA7, ÖA8, ÖA10, ÖA18, ÖA19, ÖA21, ÖA24, ÖA26	12
		Doğru ölçüm sonuçlarına ulaşılması/hata payının olmaması	ÖA1, ÖA6, ÖA7, ÖA9, ÖA13, ÖA15, ÖA16, ÖA20, ÖA23, ÖA25, ÖA27	11
Güvenlik/tehlike riskinin olmaması		ÖA7, ÖA10, ÖA12, ÖA16, ÖA19, ÖA21, ÖA27, ÖA28	8	
Zamandan tasarruf sağlaması		ÖA6, ÖA7, ÖA10, ÖA12, ÖA15, ÖA23, ÖA24	7	

Kolaylık sağlaması	ÖA3, ÖA8, ÖA10, ÖA15, ÖA25, ÖA27	6
İstenilen her an kullanılabilmesi	ÖA8, ÖA10, ÖA18, ÖA24	4
Zevkli olması	ÖA2, ÖA9, ÖA21, ÖA23	4
İlgi çekici olması	ÖA2, ÖA23, ÖA28	3
Bireysel çalışma imkânı	ÖA10, ÖA12, ÖA14	3
Dijital dünyaya uyum	ÖA6, ÖA21, ÖA26	3
Konuyu pekiştirme amaçlı kullanılabilmesi	ÖA12, ÖA14	2
Yeterli sayıda uygulamasının olması	ÖA4	1
Cihazlara zarar verme endişesinin olmaması	ÖA17	1
İstenilen her ölçümün alınabilmesi	ÖA5	1
İstenildiği kadar tekrar edilebilmesi	ÖA1	1

Tablo 4'te görüldüğü üzere; genel kategorisi altında toplam altı ifadeden iki tema, öğretmen kategorisi altında toplam 48 ifadeden sekiz tema ortaya çıkarken, öğrenci kategorisi altında toplam 67 ifadeden 15 tema ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları sanal laboratuvar deneylerine ilişkin 121 olumlu ifade üretmişlerdir.

3.2.1.1. Genel Kategorisi

Genel kategorisi altında yer alan “Maliyetinin düşük olması” temasına “*Sanal laboratuvarlar herkesin eşit şartlarda deney yapabileceği deney maliyetlerinin sorun olmadığı, 7/24 deney yapılabilen bir yerdir.*” (ÖA8) görüşünü, “Eksik malzeme sıkıntısının yaşanmaması” temasına ise “*Ayrıca temin edilemeyen bazı laboratuvar malzemelerini sanal ortamda kolaylıkla bulabiliyoruz. Örneğin laboratuvarında kaybolan veya hasar gören bir elektronik malzemesini tinkercadde bir tıkla seçebiliyoruz.*” (ÖA14) görüşünü örnek olarak verebiliriz.

3.2.1.2. Öğretmen Kategorisi

Öğretmen kategorisi altında en çok tekrarlanan “Kolaylık sağlaması” temasına verilebilecek örnek ifadeler şöyledir:

“*Öğretmenler ve imkanlar açısından gayet iyi ve kolaylık sağlamaktadır.*” (ÖA11)

“*Öğretmen açısından daha kolay ilerleyen bir süreç. Öğrencilere sistemi öğrettikten sonra yapması gereken şey öğrencilerin sorularını cevaplayıp yeterli desteği göstermek ve değerlendirmesini yapmak.*” (ÖA21)

“Kolay ulaşılabilir olması” temasına aşağıdaki görüşler örnek olarak gösterilebilir:

“*Sanal laboratuvar kullanımı gerçeğin aksine daha pratik ve daha ulaşılabiliridir. Öğretmen ve öğrenci açısından daha kolay uygulanabilir.*” (ÖA3) (öğrenci kategorisi altında aynı başlıklı temaya da örnektir)

“*Olumlu yönü ve benim en çok beğendiğim durum öğretmenin herhangi bir sıkıntı yaşamadan kolaylıkla istediği her yerde her an gerçekleştirebilmesi aynı durum öğrenci içinde geçerlidir.*” (ÖA18) (öğrenci kategorisi altında aynı başlıklı temaya da örnektir)

“Güvenlik/tehlike riskinin olmaması” temasına “*Sanal laboratuvar ortamı hem öğretmen hem öğrenci açısından güvenli ve tehlikeden uzak bir ortam olmasıyla gerçek ortamdan daha kullanılabilir olduğunu düşünüyorum.*” (ÖA21) (öğrenci kategorisi altında aynı başlıklı temaya da örnektir) görüşü ile “*İş güvenliği açısından iş-riski taşımaması*” (ÖA16) ifadesi örnek verilebilir.

“Zamandan tasarruf sağlanması” temasına verilebilecek örnekler “*Sanal laboratuvarlar, öğrenciye ve öğretmene ciddi anlamda kolaylık sağlar. Çünkü müfredata bakıldığı zaman, fizik ders saati, yalnızca teorik bilişsel alan düzeyine yetecek seviyede konulmuş bu yüzden laboratuvar deneyleri için pek de zaman elverişli gibi durmuyor. Bu yüzden sanal laboratuvarlar kolaylık taşıdığı gibi, zamandan da tasarruf sağlar.*” (ÖA6) (öğrenci kategorisi altında aynı başlıklı temaya da örnektir) ile “*Olumlu olarak; zamandan tasarruf etmek için öğretmenlere çok yardımcı olur.*” (ÖA20) görüşleridir.

“Öğrenci sonuçlarını değerlendirmenin kolay olması” temasına “*Öğretmenimiz bütün öğrencilerin verilerine anında ulaşabiliyor.*” (ÖA5) ve “*Ama sanal laboratuvar ortamlarında öğrencinin sonuçlarını kişisel olarak görüp değerlendirebilirim. Bu yüzden sanal laboratuvar daha avantajlı.*” (ÖA10) görüşleri verilebilecek örneklerdir.

“Yeterli sayıda uygulamasının olması” temasına “*İçerisinde birçok çeşit deney bulundurduğu içinde neredeyse her konu için kullanabiliriz.*” (ÖA14) cümlesini, “İstenilen her an kullanılabilmesi” temasına “*Simülasyonda istediğimiz saate öğrencilere soru gönderilebilmesi*” (ÖA5) ifadesi örnek verilebilir. “Kalabalık sınıflarda sınıf kontrolünü kolaylaştırması” temasını ise “*Öğretmen açısından da kalabalık sınıfları kontrol etmek kolaylaşıyor.*” (ÖA1) cümlesi oluşturmuştur.

3.2.1.3. Öğrenci Kategorisi

Öğretmen adaylarının sanal laboratuvar deneylerine ilişkin belirtmiş oldukları olumlu ifadelerin yarısından fazlası öğrenci kategorisi altında toplanmıştır. “Kolay ulaşılabilir olması” temasına verilebilecek örnek cümleler şöyledir:

“*Öğrenciler için sanal lablar her daim erişilebilir oluyor.*” (ÖA1)

“*Gerçek laboratuvarlar kadar etkisi olmayabilir ama her öğrenci için ulaşılması kolay olur.*” (ÖA26)

“Doğru ölçüm sonuçlarına ulaşılması/hata payının olmaması” teması öğrenci kategorisi altında en sık değinilen ikinci temadır ve “*Deneylerde sürtünme ve ihmal edilemeyen hataların en aza indirilmiş olması teorik verilere çok yakın değerlerin ortaya çıkması.*” (ÖA9) ve “*Sanal laboratuvar ortamının bize sunduğu ayrıcalık... ve alınan sonuçlarda hata payı olmaması deneyden çıkarılacak sonuca odaklı bir süreç sağlıyor.*” (ÖA25) ifadeleri bu temaya verilebilecek örneklerdir.

“Güvenlik/tehlike riskinin olmaması” temasına aşağıdaki görüşler örnek olarak verilebilir:

“*Hem öğretmen hem öğrenci açısından ..., deneylerde yaşanacak olumsuzlukları yok eder.*” (ÖA12) (öğretmen kategorisi altında aynı başlıklı temaya da örnektir)

“*Öncelik her zaman can güvenliği olmalıdır. Bu nedendir ki maalesef doğada var olan ancak deneyimlenmesinin insan sağlığına zararlı olan nükleer fizik ve enerji konulu deneylerin sanal ortamda yapılması... kanaatindeyim.*” (ÖA16)

“Zamandan tasarruf sağlanması” temasına ise aşağıdaki görüşler örnek verilebilir:

“*Öğrenciler açısından sanal laboratuvar ortamında deneyi gerçekleştirmek hem zaman hem de mekân açısından avantajlıdır. Çünkü malzeme gerektirmez ve her zaman erişilebilir.*” (ÖA24)

“*Hem öğretmen hem öğrenci açısından zamandan kazanç sağlar.*” (ÖA12) (öğretmen kategorisi altında aynı başlıklı temaya da örnektir)

“Kolaylık sağlanması” temasına verilebilecek örnek görüş ifadeleri şöyledir:

“*Fizik deneylerini sanal laboratuvar ortamında gerçekleştirirken deney verilerini alırken öğrenciler için büyük bir kolaylık oluşmaktadır.*” (ÖA15)

“Sanal ortamda yapılan deneyde öğrenciler gerçek laboratuvarda yapacakları deneye göre daha az efor harcarlar. Çünkü tüm gereken şeyler sanal ortamda hazır ve öğrencinin tek yapması gereken şey değişkenlerde oynama yapmaktır.” (ÖA27)

“İstenilen her an kullanılabilmesi” temasına “Laboratuvar gibi belirli saat aralıklarında değil istedikleri zaman erişim sağlayabiliyorlar.” (ÖA10) ifadesi, “Zevkli olması” temasına “Her yerden ulaşım sağlayabildikleri, başında zaman geçirirken keyif aldıkları bir ortam.” (ÖA21) ifadesi ve “İlgi çekici olması” temasına “Görsel olarak eğlendirici ve ilgi uyandırıcıdır.” (ÖA2) ifadesi örnek verilebilir.

“Bireysel çalışma imkânı” temasına “Bir rehber ihtiyacı duymadan kendi kendilerine çalışabiliyorlar.” (ÖA10) görüşü, “Dijital dünyaya uyum” temasına “Öğrenciler açısından ise oldukça avantajlı. Günümüzde teknoloji kullanma yaşı oldukça düşük durumda ve bunu olumlu olarak kullanırmak için güzel bir platform sanal laboratuvar ortamları.” (ÖA21) görüşü ve “Konuyu pekiştirme amaçlı kullanılabilmesi” temasına ise “Ayrıca sanal laboratuvarlarla geçmiş konularla ilgili olan deneylerle konuyu pekiştirebilir, okulda öğrendiği konunun dışında da birçok deney bulup inceleyebilir. Böylece fiziğe olan bakış açısı ve ilgisi değişebilir.” (ÖA14) görüşü verilebilecek örneklerdendir.

“Yeterli sayıda uygulamasının olması” temasını “Hem öğretmen hem de öğrenci açısından en etkili öğretim materyallerinden biridir. Ulaşımı kolay, çok fazla uygulaması var.” (ÖA4) görüşü, “Cihazlara zarar verme endişesinin olmaması” temasını “Öğrenciler için herhangi bir deney cihazına zarar verme endişesi ortadan kalkıyor.” (ÖA17) görüşü, “İstenilen her ölçümün alınabilmesi” temasını “Deneyde bulunan tahtanın eğimini simülasyonda istediğimiz gibi değiştirebiliyoruz.” (ÖA5) görüşü ve “İstenildiği kadar tekrar edilebilmesi” temasını “Bir konuyu anlamadığında, tekrar etmek istediğinde vs. bilgisayar üzerinden öğrenciler bu uygulamalara erişebiliyor.” (ÖA1) görüşü oluşturmuştur.

3.2.2. Sanal Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumsuz Görüşler

Fizik öğretmen adaylarının sanal laboratuvar deneylerine ilişkin olumsuz görüşlerinin analizi sonucunda ortaya çıkan kategori ve temalar ile frekansları Tablo 5’te sunulmaktadır.

Tablo 5. Sanal Laboratuvar Deneylerine İlişkin Olumsuz Görüş Kategorisi ve Temaları

Kategori	Tema	Katılımcılar	Frekans (n=28)
Genel	Yazılımdaki eksiklikler	ÖA1, ÖA7, ÖA14, ÖA18	4
	Sınıf otoritesini oluşturmanın zor olması	ÖA8, ÖA11	2
Öğretmen	Teknoloji kullanımı yetersizlikleri	ÖA12, ÖA27	2
	Yeterli sayıda uygulamasının olmaması	ÖA9	1
Öğrenci	Donanım eksiklikleri /maddi yetersizlikler	ÖA2, ÖA9, ÖA10	6
	Dikkat dağınıcı olması	ÖA11, ÖA19, ÖA22	6
		ÖA8, ÖA10, ÖA11, ÖA12, ÖA14, ÖA20	6
	Teknoloji kullanımı yetersizlikleri	ÖA4, ÖA10, ÖA17, ÖA27	4
	Kalıcı olmaması	ÖA9, ÖA10	4
		ÖA11, ÖA22	4
	Devinişsel alan becerilerini geliştirmemesi	ÖA6, ÖA9, ÖA27	3
	İnternete ulaşım sıkıntısı	ÖA2, ÖA4, ÖA11	3
	Gerçekçi olmaması	ÖA13, ÖA16, ÖA23	3
	İşbirliğinin olmaması	ÖA16	1
Yeterli sayıda uygulamasının olmaması	ÖA9	1	

Tablo 5’te görüldüğü üzere sanal laboratuvar deneylerine ilişkin olumsuz görüşlerin incelenmesi sonucunda; genel kategorisi altında toplam dört ifadeden bir tema, öğretmen kategorisi altında toplam beş ifadeden üç tema ortaya çıkarken, öğrenci kategorisi altında toplam

31 ifadeden dokuz tema ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları sanal laboratuvar deneylerine ilişkin 40 olumsuz ifade üretmişlerdir.

3.2.2.1. Genel Kategorisi

Genel Kategorisi altında yer alan “Yazılımdaki eksiklikler” temasına örnek verilebilecek ifadeler “*Olumsuz yönü ise uygulamaların hala bazı kusurlarının olması (cetvelin açılma ölçerinin tam ölçüğünü tayin edememek vb. durumlar)*” (ÖA18) ve “*Sanal laboratuvar ve simülasyonların sistemsel yetersizlikleri olabilir. Tabii bunlar da geliştirilebilir.*” (ÖA7) şeklindedir.

3.2.2.2. Öğretmen Kategorisi

Öğretmen Kategorisi altında yer alan “Sınıf otoritesini oluşturmanın zor olması” temasına “*Dijital ortam olduğu için sınıf otoritesini kurmak ve otoriteyi sağladıktan sonra öğrencilerin ilgisini deneyde tutmak zor olabilir.*” (ÖA8) görüşü, “Teknoloji kullanımı yetersizlikleri” temasına “*Öğretmen de öğrenciler de sanal laboratuvar ortamı kullanma anlamında tam yetkin olmadığı durumlarda deneyi yapmak çok zor bir hal alır.*” (ÖA27) (öğrenci kategorisi altında aynı başlıklı temaya da örnektir) görüşü örnek verilebilir.

Hem öğretmen hem de öğrenci kategorisi için “Yeterli sayıda uygulamasının olmaması” temasını “*Deneylerin çoğunun sanal laboratuvarlarda olmaması gerekli deneylere ulaşılmamasının zor olduğu.*” (ÖA9) görüşü oluşturmuştur.

3.2.2.3. Öğrenci Kategorisi

Öğretmen adaylarının olumsuz ifadelerinin büyük çoğunluğu öğrenci kategorisi altında toplanmıştır. Bu kategoride yer alan ve en sık ifade edilen temalardan biri olan “Donanım eksiklikleri /maddi yetersizlikler” temasına verilebilecek örnekler şöyledir:

“*Olumsuz yönleri bazı öğrencilerde bilgisayarın bulunmaması.*” (ÖA19)

“*Fizik deneylerinin sanal ortamda gerçekleştirilmesinin öğrenci açısından olumsuz yanı her öğrencinin aynı imkana sahip olmayışıdır.*” (ÖA11)

“Dikkat dağınıcı olması” temasına “*Öğrenciler bilgisayar başında zaman geçirirken dikkati dağılabilir.*” (ÖA12) ve “*Öğrenciler sanal ortamda deneyi yaparlarken, internet üzerinden oyun vs. farklı alanlara giriş yaparak konudan tamamen uzaklaşabilir.*” (ÖA20) cümleleri verilebilecek örneklerdendir.

“Teknoloji kullanımı yetersizlikleri” temasına “*Sanal uygulamaları kullanmadan önce öğretmenin, uygulama kullanımıyla ilgili kısa da olsa bir eğitim vermesi gerekiyor. Her konu için farklı ara yüzde farklı konularda deney yapıldığı için bu seminerin sürekli tekrarlanması ve yenilenmesi gerekir. Öğrencinin o semineri etkili dinlememesi durumunda anlaşılmasın noktaları müdahale etmek zor olabilir.*” (ÖA10) ile “*Öğrenci sistemi anlamakta güçlük çekebiliyor.*” (ÖA17) görüşleri örnek verilebilir.

“Kalıcı olmaması” temasına “*Sanal deneyler bir süre sonra unutulabilir.*” (ÖA9) ve “*Kalıcı bir şekilde öğrenme olmayabilir.*” (ÖA10) cümleleri, “Devinişsel alan becerilerini geliştirmemesi” temasına ise “*Öğrenci için psikomotor becerileri laboratuvar ortamında daha etkin olduğu için, sanal laboratuvar da deneyi yapıp gerçek laboratuvar da mesela neyin nasıl ayarlanacağını bilemeyebilir. Sonuçta simülasyonlarda genelde hazır olan şeyleri kuruyoruz.*” (ÖA6) görüşü örnek verilebilir.

“İnternete ulaşım sıkıntısı” teması için “*İnternet veya bilgisayar ortamında gerçekleşeceği için her öğrencinin ulaşması imkânı olmayabilir.*” (ÖA2) görüşü, “Gerçekçi olmaması” teması için “*Olumsuz yönleri öğrenci bunun gerçek olmadığını sadece bilgisayar üzerinde yapılan bir şey olabileceğine inanabilir.*” (ÖA13) görüşü örnek verilebilirken, “İşbirliğinin olmaması” temasını “*Öğrencilerin grup çalışmasına ihtiyaç duymamaları*” (ÖA16) görüşü oluşturmuştur.

3.3. Gerçek ve Sanal Laboratuvar Deneylerinin Öğretimin Hangi Aşamasında Daha Uygun Olduğuna İlişkin Görüşler

Fizik öğretmen adaylarının gerçek ve sanal laboratuvar deneylerinin öğretimin hangi aşamasında kullanılmasının daha uygun olduğu hakkındaki görüşlerinden oluşturulan kategori ve temalar Tablo 6’da sunulmaktadır.

Tablo 6. Gerçek ve Sanal Laboratuvar Deneylerinin Öğretimin Hangi Aşamasında Kullanımının Daha Uygun Olduğuna İlişkin Görüş Kategorisi ve Temaları

Kategori	Tema	Katılımcılar	Frekans (n=28)
Gerçek Laboratuvar	Giriş	ÖA24	1
	Gelişme	ÖA12, ÖA14, ÖA15, ÖA24	4
	Sonuç	ÖA2, ÖA3, ÖA6, ÖA7, ÖA8, ÖA10, ÖA25	7
	Değerlendirme	ÖA20, ÖA26	2
Sanal Laboratuvar	Derse hazırlık	ÖA6, ÖA7, ÖA12, ÖA20, ÖA21	5
	Giriş	ÖA12	1
	Gelişme	ÖA3, ÖA10, ÖA12, ÖA14, ÖA25, ÖA28	6
	Sonuç	ÖA2, ÖA12, ÖA15	3
	Değerlendirme	ÖA1, ÖA2, ÖA8, ÖA12, ÖA14, ÖA24, ÖA26	7

Tablo 6’da görüldüğü üzere gerçek laboratuvarlar kategorisi altında toplam 14 ifadeden dört tema ve sanal laboratuvarlar kategorisi altında toplam 22 ifadeden beş tema ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları bu konuya ilişkin 36 ifade üretmişlerdir.

3.3.1. Gerçek Laboratuvar Kategorisi

Öğretmen adaylarının “Gerçek laboratuvar” kategorisi altındaki “Giriş” temasına giren ifadelerine bir örnek olarak bir öğrencinin (ÖA24), “*Gerçek laboratuvar deneylerini dersin giriş veya gelişme kısmında derse ilgiyi arttırmak amacıyla kullanabilir.*” şeklinde belirttiği görülmüştür. “Gelişme” temasında, “*Öğretimin uygulanması aşamasında kullanımı daha uygun olacaktır.*” (ÖA14) açıklamasını yapmıştır. “*Gerçek laboratuvar deneyleri bence konulardan hemen sonra bilginin oturması için kullanılmalıdır.*” (ÖA3) açıklaması “Sonuç” temasına ilişkin bir örnek olarak belirlenmiştir. “*Gerçek laboratuvar deneylerini kazanım değerlendirme açısından kullanabiliriz.*” (ÖA20) ifadesi, “Değerlendirme” teması altında ele alınan ifadelerden biridir.

3.3.2. Sanal Laboratuvar Kategorisi

“Sanal Laboratuvar” kategorisinde “Derse hazırlık” teması altında “*Sanal laboratuvar içinde konu işlenmeden önce konuya hazırlık yapılabilir.*” (ÖA6) açıklaması örnek olarak gösterilebilir. “*Sanal laboratuvarı dersin giriş, gelişme ve sonuç kısmında öğrencinin kullanmasını isteyebiliriz.*” (ÖA12) ifadesindeki girişe ilişkin açıklama “Giriş” temasını oluşturmuştur. “*Çocukların ilk olarak teorik bilgiyi öğrenmeleri, ardından sanal laboratuvar da deneyi yapmayı öğrenmeleri daha doğru bir yol olur.*” (ÖA28) açıklaması “Gelişme” temasında ele alınan görüşlerden biri olmuştur. “Sonuç” temasına ilişkin olarak ÖA2’nin “*Derslerin sonunda simülasyon içerikleri olarak gösterilmesini uygun görürüm.*” şeklindeki ifadesi örnek gösterilebilir. ÖA24’ün “*Sanal laboratuvar kısmını ise ödev, ölçme değerlendirme kısmında pekiştirme aracı olarak kullanmak doğru olur diye düşünüyorum.*” ifadesi, “Değerlendirme” temasına giren ifadelerden biri olmuştur.

3.4. Gerçek ve Sanal Laboratuvar Deneylerinin Fiziğin Hangi Konularında Kullanımının Daha Uygun Olduğuna İlişkin Görüşler

Fizik öğretmen adaylarının gerçek ve sanal laboratuvar deneylerinin fiziğin hangi konularında kullanımının daha uygun olduğu hakkındaki görüşlerinden oluşturulan kategori ve temalar Tablo 7’de sunulmaktadır.

Tablo 7. Gerçek ve Sanal Laboratuvar Deneylerinin Fiziğin Hangi Konularında Kullanımının Daha Uygun Olduğuna İlişkin Görüş Kategori ve Temaları

Kategori	Tema	Katılımcılar	Frekans (n=28)
Gerçek Laboratuvar	Madde ve özellikleri	ÖA18, ÖA21	2
	Mekanik (kuvvet, hareket)	ÖA4, ÖA5, ÖA6, ÖA7, ÖA8, ÖA9, ÖA11, ÖA12, ÖA18, ÖA19, ÖA20, ÖA21, ÖA23, ÖA24, ÖA25, ÖA26	16
	Enerji	ÖA6, ÖA18	2
	Isı ve Sıcaklık	ÖA6, ÖA18	2
	Elektrik	ÖA6, ÖA11, ÖA12, ÖA18, ÖA28	5
	Manyetizma	ÖA18	
	Basınç ve Kaldırma Kuvveti	ÖA18, ÖA19, ÖA20, ÖA21	4
	Dalgalar	ÖA2, ÖA9, ÖA11, ÖA12, ÖA18, ÖA20, ÖA21, ÖA28	8
	Optik	ÖA2, ÖA6, ÖA8, ÖA9, ÖA11, ÖA12, ÖA14, ÖA15, ÖA18, ÖA23, ÖA25, ÖA28	12
	Modern Fizik	ÖA2	1
Sanal Laboratuvar	Madde ve özellikleri	ÖA4, ÖA11	2
	Mekanik (kuvvet, hareket)	ÖA2, ÖA3, ÖA4, ÖA6, ÖA11, ÖA12, ÖA17, ÖA18, ÖA28	9
	Enerji	ÖA4, ÖA6, ÖA11, ÖA14, ÖA16, ÖA21	6
	Isı ve Sıcaklık	ÖA4, ÖA8, ÖA11, ÖA21, ÖA27	5
	Elektrik	ÖA2, ÖA3, ÖA4, ÖA6, ÖA7, ÖA8, ÖA11, ÖA12, ÖA14, ÖA18, ÖA19, ÖA20, ÖA21, ÖA23, ÖA24, ÖA25, ÖA26,	17
	Manyetizma	ÖA4, ÖA11, ÖA17, ÖA18, ÖA21, ÖA25	6
	Basınç ve Kaldırma Kuvveti	ÖA4, ÖA11	
	Dalgalar	ÖA4, ÖA11, ÖA12, ÖA18	4
	Optik	ÖA3, ÖA4, ÖA5, ÖA6, ÖA11, ÖA12, ÖA17, ÖA20, ÖA23, ÖA24, ÖA28	11
	Atom Fiziği ve Radyoaktivite	ÖA4, ÖA11, ÖA14, ÖA16, ÖA18, ÖA26	6
Modern Fizik	ÖA4, ÖA8, ÖA11, ÖA14, ÖA15, ÖA18, ÖA20, ÖA23	8	

Tablo 7’de görüldüğü üzere gerçek laboratuvarlar kategorisi altında toplam 52 ifadeden 10 tema ve sanal laboratuvarlar kategorisi altında toplam 74 ifadeden 11 tema ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları bu konuya ilişkin toplam 126 ifade üretmişlerdir. Ne var ki öğretmen adaylarının kendilerine yöneltilen bu soruda genelde sadece konu adı verdikleri görülmüştür. Bazı öğrenciler ise konu adını gerekçelendirerek belirtmişlerdir. Gerekçe belirtilerek yanıtlanan temalara ilişkin katılımcı görüşleri şöyledir:

3.4.1. Gerçek Laboratuvar Kategorisi

“Gerçek laboratuvar” kategorisinde; ÖA12, “*Mekanik gibi uygulaması daha kolay olan deneyler gerçek laboratuvar ortamında yapılabilir.*” ifadesiyle “Mekanik” temasına, ÖA6, “*Termodinamik konularını gerçek laboratuvar ortamında daha etkili deney olabileceğini düşünüyorum.*” görüşüyle “Isı ve sıcaklık” temasına, ÖA9, “*Optik ya da titreşim ve dalgalar gibi gözlemi önemli konularda gerçek laboratuvarların kullanımı uygun olur.*” ifadesiyle “Optik” ve “Dalgalar” temalarına, ÖA2, “*Gerçek lab deneyleri, görsellik olarak öğrencinin ilgisini çekebileceği için modern fizik, optik, titreşim deneyleri uygun olabilir.*” ifadesiyle “Optik”, “Dalgalar” ve “Modern fizik” temalarına ilişkin gerekçe belirtmişlerdir.

3.2.2. Sanal Laboratuvar Kategorisi

“Sanal laboratuvar” kategorisinde; ÖA2, “*Hesaplaması ve ölçümlerinin fazla alınması gerektiği için mekanik ve elektrik-elektronik deneylerinin sanal ortamda yapılması daha kolaydır.*” ifadesiyle “Mekanik” ve “Elektrik” temalarına, ÖA14, “*Enerji dönüşümünü phet.coloradoda enerji paten parkı simülasyonu ile çok verimli bir şekilde anlatabiliriz kinetik ve potansiyel enerji dönüşümleri uygulamadaki sütunlarda sürekli değişmektedir.*” görüşüyle “Enerji” temasına, ÖA27, “*Isı ve sıcaklık konusu gibi birtakım tehlikeleri olan deneylerin sanal ortamda yapılması daha güvenli ve uygun olabilir.*” ifadesiyle “Isı ve sıcaklık” temasına, ÖA12, “*Optik gibi hata yapma olasılığı yüksek olan deneyleri sanal laboratuvar ortamında yapılmalıdır.*” görüşüyle “Optik” temasına, ÖA16, “*Öncelik her zaman can güvenliği olmalıdır. Bu nedendir ki maalesef doğada var olan ancak deneyimlenmesinin insan sağlığına zararlı olan nükleer fizik ve enerji konulu deneylerin sanal ortamda yapılmasını... kanaatindeyim.*” ifadesiyle “Atom Fiziği ve Radyoaktivite” temasına ilişkin gerekçelerini ortaya koymuşlardır.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada ilk olarak fizik öğretmen adaylarının deneylerin gerçek laboratuvarlarda yapılmasına yönelik görüşleri incelenmiştir. Öğretmen adaylarına göre deneylerin laboratuvar ortamında yapılmasının öğretmenler ve öğrenciler için olumlu yanları vardır.

Öğretmen adaylarının deneylerin gerçek laboratuvarda yapılmasının öğretmenler için ders anlatımı, deney sürecini kontrol etme, hata tespiti yapma, geri bildirim verme ve sınıf otoritesi sağlama süreçlerini kolaylaştıracağı yönünde olumlu görüşe sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Laboratuvarda teorik bilginin doğruluğunu gösterme ve görselleştirme imkânı vardır (Aydoğdu, 2009) ve öğretmenler de bu imkândan yararlanarak öğretim süreçlerini zenginleştirebilirler. Öğretmenin gerçek laboratuvarda öğrenciye geri bildirim vermesi ve yardım etmesi aynı ortamda olduklarından daha kolaydır. Çivril (2017) yaptığı çalışmada öğrencilerin öğretmenden anında akademik ve teknik yardım almaları nedeniyle gerçek laboratuvarları tercih ettiklerini ortaya koymuştur.

Öğretmen adayları deneylerin gerçek laboratuvarda yapılmasının öğrenciler için kalıcı öğrenme sağlayacağını, öğretici olacağını, yaparak yaşayarak öğrenme olanağı sağlayacağını, ilgi çekici olacağını, devinimsel alan becerilerini artıracığını, iletişim becerilerini ve iş birliğini artıracığını, pekiştirme sağlayacağını, deney araç-gereçlerinin kullanımını öğreteceğini ve edinilen bilginin gerçekçi/inandırıcı olacağını düşündükleri görülmüştür. Sarı (2013) öğrencilerin anlamlı öğrenmeyi gerçekleştirmesi ve başarılarının artması için öğretmenlerin onları pasif değil

aktif tutması gerektiğini bunun da deneyle gerçekleşeceğini vurgulamıştır. Yapararak yaşayarak öğrenme kalıcı bilgiler edinmek için en etkili yoldur ve fizik eğitiminde bunun en güzel uygulama alanı laboratuvar etkinlikleridir.

Gerçek laboratuvarlarda deney yapmanın öğretmenler ve öğrenciler için pek çok olumlu yanı olduğu görüşüne sahip olsalar da öğretmen adaylarının bu konuda olumsuz görüşleri de bulunmaktadır. Öğretmen adaylarının genel olarak okullarda laboratuvar olmaması veya olan laboratuvarlarda araç-gereç eksikliği olması halinde bunun hem öğretim hem de öğrenme sürecini olumsuz etkileyeceğini düşündükleri ortaya çıkmıştır. Bu durum daha önce yapılan çalışmalarla uyum içerisindedir. Yapılan pek çok çalışmada laboratuvarların fizik deneylerini gerçekleştirmeye yetecek araç gerece sahip olmadığı ve deneylerin gerçekleştirilemediği bulunmuştur (Akdeniz ve Karamustafaoglu, 2003; Çepni, Kaya ve Küçük, 2005; Koç Ünal ve Şeker, 2020; Sarı, 2013; Tanel ve Tanel, 2010; Yaman ve Öner, 2003).

Öğretmen adaylarının deneyler gerçek laboratuvarlarda yapıldığında sınıftaki öğrenci sayısının fazla olmasının, deney sürecinde ortaya çıkabilecek olan tehlikeli durumların, deney sürecinin uzun zaman almasının ve sürecin yorucu olmasının öğretmenler için olumsuz durumlar ortaya çıkaracağını ve öğretimi zorlaştıracağını düşündükleri görülmüştür. Araştırmanın bu sonuçlarını destekler nitelikte çalışmalar vardır. Araç gerecin yetersiz olması, sınıf mevcudunun kalabalık olması ve deney süresinin kısıtlı olması gibi problemler, laboratuvarların öğretimdeki etkililiğini düşürmektedir (Tanel ve Önder, 2010). Koç Ünal ve Şeker'e (2020) göre laboratuvardaki araç gereç eksikliği ve sınıfların kalabalık olması deneylerin büyük bir kısmının gösteri deneyi olarak yapılmasına neden olmaktadır. Yapılan bir çalışmada okul müdürleri ve öğretmenler laboratuvar uygulamalarının üniversite yerleştirme sınavı ile uyumlu olmadığını ve zaman yetersizliği nedeniyle tercih edilmediğini ve bu nedenle laboratuvarların müfredatın amaçlarına yönelik olarak kullanılmadığını belirtmişlerdir (Aykutlu ve diğerleri, 2016). Duman ve Avcı (2016) ise laboratuvarlarda meydana gelebilecek tehlikeli durumların ve malzeme israfının önlenmesi için sanal laboratuvarları geleneksel laboratuvarlara alternatif ve destek olarak göstermektedir. Çalışmada öğretmen adaylarının gerçek laboratuvarlarda deney yapıldığında sınıftaki veya deney grubundaki öğrenci sayısının fazlalığının, gruptaki bazı öğrencilerin pasif kalmasının, süreçte tehlikeli durumların ortaya çıkabilecek olmasının, deney sonuçlarında hata payının bulunmasının, uzun zaman alması nedeniyle süre sıkıntısı yaratmasının ve yorucu olmasının öğrencilerin öğrenme sürecini olumsuz etkileyeceği görüşüne sahip olduğu görülmüştür. Sönmez, Dilber, Karaman ve Şimşek'e (2005) göre laboratuvarlarda yapılan deneylerde alınan veriler yeterince duyarlı değildir, verilerin hesaplanması ve grafiklerle gösterimi zaman alıcıdır bu nedenle öğrenciler veri toplama işini laboratuvarlarda, verilerin analizini laboratuvar dışında yaparlar ve verileri deney sürecinde tartışma şansına sahip olamazlar.

Çalışmada öğretmen adaylarının deneylerin sanal laboratuvarlarda yapılmasının öğretmenler ve öğrenciler için hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurabileceği görüşünde oldukları görülmüştür. Öğretmen adayları sanal laboratuvar deneyleri ile gerçek laboratuvar deneylerinde yaşanan eksik malzeme sıkıntısı ve yüksek maliyet sıkıntılarının giderileceğini düşünmektedir. Bu sonuç önceki sonuçlarla uyumludur (Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Duman ve Avcı, 2016).

Sanal laboratuvar deneylerinin öğretimde kolaylık sağlaması, kolay ulaşılabilir olması, güvenlik/tehlike riskinin olmaması, zamandan tasarruf sağlaması, öğrenci sonuçlarını değerlendirmeyi kolaylaştırması, yeterli sayıda uygulamasına erişilebilmesi, istenilen her an kullanılabilmesi ve kalabalık sınıflarda sınıf kontrolünü kolaylaştırması açısından öğretmen adayları tarafından öğretmenlerin öğretim sürecini olumlu etkileyeceğini düşündükleri görülmüştür. Literatürde bu sonuçları destekleyen çalışmalar vardır (Bozkurt ve Sarıkoç 2008; Ceylan ve Saygıner, 2017; de Jong, Linn ve Zacharia, 2013; Duman ve Avcı, 2016; Koç Ünal ve Şeker, 2020; Okur, 2021; Özdemir, 2019).

Öğretmen adayları sanal laboratuvar deneylerinin öğrenciler için çok sayıda olumlu etkisi olduğu görüşündedir. Sanal laboratuvar deneylerinin kolay ulaşılabilir olması, hatasız ölçüm sonuçlarına ulaşmayı sağlaması, tehlike riskinin olmaması, zamandan tasarruf sağlaması, kolaylık sağlaması, istenilen her an kullanılabilmesi, zevkli ve ilgi çekici olması, bireysel çalışma imkânı sağlaması, dijital dünyaya uyumlu olması, konuyu pekiştirme amaçlı kullanılabilmesi, yeterli sayıda uygulamasının olması, cihazlara zarar verme endişesini gidermesi, istenilen her ölçümü almayı olanaklı kılması ve istenildiği kadar tekrar edilebilmesi açısından öğrencilerin öğrenme sürecini olumlu yönde etkileyeceği görüşü ortaya çıkmıştır. Çivril (2017) yaptığı çalışmada, öğrencilerin sanal laboratuvar deneylerini öğrenmeyi kolaylaştırması, güvenilir olması, zamandan bağımsız uygulanabilmesi, tekrar yapma şansı vermesi açısından önemli bulduklarını göstermiştir. Bu bulgular araştırma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Öğretmen adayları yapılan çalışmada hem gerçek hem de sanal laboratuvar deneylerini kullanarak etkinlikler gerçekleştirmiştir. Araştırmada öğretmen adaylarının görüşleri genel olarak incelendiğinde, sanal laboratuvar deneylerine ait olumlu görüşlerinin (n=121) sayısının gerçek deneylere ait olumlu görüşlerin (n=71) sayısından oldukça fazla olduğu ortaya konmuştur. Bu durum sanal laboratuvar deneylerinin eğitimde kullanılmasının önemini göstermektedir. Öğretmen adaylarının görüşleri incelendiğinde, sanal laboratuvar deneylerinin, gerçek laboratuvar deneylerinin gerçekleştirilememesi ya da gerçekleştirilmesinde karşılaşılan sorunların giderilmesi durumlarında etkili olarak kullanılabileceğini belirttikleri görülmüştür. Dolayısıyla bu uygulamalar olmadan bazı fizik deneylerinin gerçekleştirilebilmesi okul ortamında mümkün görünmemektedir. Ayrıca sanal laboratuvar deneylerinin öğrencilerin bireysel öğrenme hızına göre tekrar yapma ve bu nedenle kalıcılığı sağlama gibi yararlarına değinilmiştir. Bu noktalar dikkate alındığında sanal laboratuvar deneylerinin fizik eğitiminde başarılı teknoloji entegrasyonunu gerçekleştirme adına katkı sağlar nitelikte uygulamalar olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Sanal laboratuvar deneylerine ilişkin yukarıda değinilen çok sayıda olumlu görüşün yanında, bazı öğretmen adaylarının bu deneylerin yazılımındaki eksikliklerin veya yetersizliklerin öğrenme ve öğretim sürecini olumsuz etkileyeceğini düşündükleri görülmüştür. Benzer şekilde Ekici'ye (2015) göre simülasyonlar değişkenler arası ilişkileri tek boyutlu olarak ele aldığına, öğrencilerin farklı yaklaşımlarına yanıt veremediğinde esnek bir ortam olma özelliğini kaybeder ve kavram yanılgılarını gideremez.

Öğretmen adayları sanal laboratuvar deney yapmanın öğretmenin sınıf otoritesini oluşturmasını zorlaştıracağını, yeterli sayıda sanal laboratuvar deneyi olmaması durumunda ve öğretmenin teknoloji kullanımının yetersiz olduğu durumlarda öğretimin olumsuz etkileyeceğini düşünmektedir. Benzer olarak Erdem (2018) tarafından yapılan bir çalışmada fizik öğretmenleri teknoloji kullanmanın sınıf içinde ve dışında öğrenci-öğretmen iletişimini güçleştireceğini belirtmişlerdir. Bu iletişimin zayıflaması veya kopması öğretmenin sınıf otoritesinin de zayıflamasına yol açabilir. Bu nedenle öğretmenlerin sanal laboratuvar deneylerini öğretimde kullandıkları zamanlarda iletişimi güçlendirmek adına özel yollar bulması gerekebilir.

Çalışmada elde edilen bir diğer sonuç öğretmen adaylarının öğrencilerin donanım eksiklikleri, internet ve maddi yetersizlikleri veya teknoloji kullanımındaki yetersizlikleri nedeniyle sanal laboratuvar deneylerine erişiminin zor olacağı bunun da öğrenme süreçlerini olumsuz etkileyeceği görüşüdür. Ayrıca öğretmen adayları bu deneylerin öğrenciler için dikkat dağınıcı olabileceğini, devinışsel alan becerilerini ve iş birliğini geliştirmeyeceğini, gerçekçi olmayışını, bilginin kalıcılığını sağlamadığını ve yeterli sayıda olmayışlarını olumsuz olarak değerlendirmiştir. Erdem (2018) yaptığı çalışmada fizik öğretmenlerinin fizik eğitiminde teknoloji kullanımının öğrencilerin konuya ilişkin ilgisini arttırmayacağını, derse aktif katılımını sağlayamayacağını ve takım çalışması becerilerini geliştirmeyeceğini düşündüklerini göstermiştir. Deniz, Bulancak ve Özcan (2003) tarafından geleneksel laboratuvar, sanal laboratuvar ve uzaktan erişimli laboratuvarın karşılaştırıldığı çalışmada, sanal laboratuvarlarda öğrencilerin gerçek laboratuvarlar ve uzaktan erişimli laboratuvarlardaki gibi elle tecrübe etme

olanağının olmadığı ve gerçeklik hissini zayıf olduğu belirtilmektedir. Okur (2021), bu çalışma sonuçlarından farklı olarak sanal laboratuvar deneylerinin öğrencileri hazırlığa teşvik etmesini onların olumsuz bir özelliği olarak görmektedir.

Araştırmada öğretmen adaylarına gerçek ve sanal laboratuvar deneylerinin öğretimin hangi aşamasında kullanılmasının daha uygun olduğuna ilişkin görüşleri sorulmuştur. Öğretmen adayları her iki tür deneyin dersin girişinde ilgi çekmek, ders içinde bilginin uygulamalı gösterilmesi, dersin sonunda bilginin pekiştirilmesi ve kazanımların değerlendirilmesi amacıyla kullanılabileceğini ifade etmiştir. Bununla birlikte öğretmen adayları dersten önce derse hazırlık yapmak için yalnızca sanal laboratuvar deneylerinin kullanılabilmesini düşünmektedir. Önder ve Tanel (2018) yaptıkları çalışmalarında laboratuvar öncesi simülasyon programı ile desteklenen öğrencilerin deneysel işlem süresince doğrudan deney yapan öğrencilere göre daha yüksek bir performans düzeyine sahip olduğunu bulmuştur. Dolayısıyla öğrencilerin deneylerinde bilgisayar simülasyonları ile desteklenmesinin daha etkin bir laboratuvar süreci sağlayacağı söylenebilir. Karagöz-Mırçık ve Saka (2016) sanal laboratuvarların, öğrencinin anlamlandırma sürecinde teorik konu ile gerçek olaylar arasında ilişki kurmaları ve öğrencilerin derse ilgi ve merakını artırmaları nedeniyle öğretim sürecindeki kullanımının çoğaltılması gerektiğini belirtmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar, sanal laboratuvar deneylerinin tümüyle gerçek fizik laboratuvarı deneylerinin yerini almadan onlara destek olarak kullanılmasını önermektedir. Çivril'e (2017) göre sanal laboratuvarın öğrencileri gerçek laboratuvara hazırlama konusunda destekleyici bir rolü vardır.

Araştırmadan elde edilen son sonuç gerçek ve sanal laboratuvar deneylerinin hangi fizik konularına uygun olduğuna ait görüşlerdir. Öğretmen adaylarının ortaöğretim fizik programında yer alan ünitelerin neredeyse tamamına ait görüş bildirmesi ve bu ünitelere ait deneylerin uygunluğunu gerçek ve sanal laboratuvarlar için karşılaştırması açısından araştırma alan yazına önemli bir katkı sunmaktadır. Öğretmen adayları; madde ve özellikleri, mekanik, enerji, ısı ve sıcaklık, elektrik, manyetizma, basınç ve kaldırma kuvveti, dalgalar, optik ve modern fizik konularında hem gerçek hem de sanal laboratuvar deneylerinden yararlanılabileceğini düşünürken atom fiziği ve radyoaktivite konularında sanal laboratuvar deneyi kullanımının uygun olduğu görüşündedir. Atom fiziği ve nükleer fizik konuları çok küçük ölçeklerde, yüksek duyarlılıkla çalışılması gereken deneylerdir ve deney düzenekleri oldukça maliyetlidir. Ayrıca Erdem (2018) tarafından belirtildiği gibi nükleer fizik konusundaki bir deneyi laboratuvarında yapmak insan sağlığını ve güvenliğini tehlikeye atabilir bu nedenle bu konuda sanal laboratuvar deneyi tercih edilebilir.

Öğretmen adayları fizik eğitiminde gerçek veya sanal laboratuvarında deney yapmayı pek çok açıdan önemli bulmuştur. Bununla birlikte araştırma sonuçları laboratuvar etkinliklerinin gerçekleştirilmesini etkileyen olumsuz durumların varlığını ortaya koymuştur. Sanal laboratuvar deneyleri, zamandan ve mekândan bağımsız olarak gerçekleştirilebilmeleri, gerçek laboratuvarda yapılamayacak konulardaki deneyleri yapılabilir kılmaları, maliyetlerinin az olması, araç gereç yetersizliğini ortadan kaldırmaları, eğlenceli ve ilgi çekici olmaları gibi pek çok nedenden dolayı gerçek laboratuvar deneylerinin yerine veya onları desteklemek amacıyla kullanılabilirler.

Öğretmen adaylarının gerçek ve sanal laboratuvarlarda gerçekleştirilen fizik deneylerine ait görüşlerini her iki ortamda da aynı deneyi yaptıktan sonra vermiş olmaları açısından araştırmanın sonuçlarının alana katkısı önemlidir. Bu yolla öğretmen adayları her iki durumu kendi olumlu ve olumsuz deneyimlerini göz önünde bulundurarak yorumlama fırsatı yakalamıştır.

Covid-19 pandemi sürecinde uzaktan eğitimde fizik deneylerinin sanal laboratuvarlarda gerçekleştirilmesi zorunluluğu doğmuştur. Bu nedenle bu çalışma meslek hayatına henüz başlamamış fizik öğretmen adaylarının sanal laboratuvar deneyleri hakkındaki bilgi birikimlerinin ve kullanım becerilerinin artırılması açısından önemlidir. Öğretmen adaylarının ayrıca simülasyonları kendilerinin tasarlayabilmesi bu süreci daha etkin kılacaktır. Bu nedenle müfredatta sanal laboratuvar deneylerinin kullanımını ve tasarımını içeren derslerin bulunması

önerilebilir. İzleyen çalışmalarda fizik öğretmen adaylarının ve öğretmenlerinin simülasyon tasarımı konusundaki görüşlerinin incelenmesi bu konudaki mevcut durumu ortaya çıkarmak açısından önemlidir. Bu çalışma 28 fizik öğretmeni adayından alınan veriler ve 5 haftalık uygulama ve seçilen deneylerin gerçekleştirilmiş olması ile sınırlıdır. Araştırma sonuçları öğretmen adaylarının kendi deneyimlerine dayanmaktadır. Deneyler gerçek bir okul ortamında öğretimin gerçekleştirilmesi sırasında uygulanmamıştır. Bu nedenle araştırmanın sonuçlarının sanal laboratuvar deneyi tecrübe süresi farklı düzeylerde olan öğretmen adaylarının veya öğretmenlerin görüşlerinin karşılaştırılması ve okullarda fizik dersi alan öğrencilerle birlikte gerçekleştirilerek onların görüşleri ile zenginleştirilmesi izleyen çalışmalar için önerilebilir.

KAYNAKÇA

- Akdeniz, A. R. ve Karamustafaoğlu, O. (2003). Fizik öğretimi uygulamalarında karşılaşılan güçlükler. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1(2), 0-0.
- Akbulut, Y. (2013). Verilerin analizi. S.D. Bedir Erişti, A. Kuzu, I. Kabakçı Yurdakul, Y. Akbulut ve A.A. Kurt (Ed.), *Bilimsel araştırma yöntemleri* içinde (s. 139-164). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Arslan, A., Ogan Bekiroğlu, F., Süzük, E. ve Gürel, C. (2014). Fizik laboratuvar derslerinin araştırma-sorgulama açısından incelenmesi ve öğretmen adaylarının görüşlerinin belirlenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(2), 3-37.
- Aydoğdu, B. (2009). *Fen ve teknoloji dersinde kullanılan farklı deney tekniklerinin öğrencilerin bilimsel süreç becerilerine, bilimin doğasına yönelik görüşlerine, laboratuvara yönelik tutumlarına ve öğrenme yaklaşımlarına etkileri*. [Yayınlanmamış doktora tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Ayutlu, I., Bezen, S. ve Bayrak, C. (2016). Opinions of school principals and physics teachers on laboratory practices and use of laboratory practices within the new physics curriculum. *Kastamonu Education Journal*, 24(2), 585-602.
- Bodner, G.M. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of Chemical Education*, 63(10), 873-878.
- Bozkurt, E. (2008). Bir sanal fizik laboratuvarı uygulamasının öğrenci başarısı üzerine etkisi. *Proceedings of 8th International Educational Technology Conference*, 341-345.
- Bozkurt, E. ve Sarıkoç, A. (2008). Fizik eğitiminde sanal laboratuvar geleneksel laboratuvarın yerini tutabilir mi?. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 89-100.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2019). *Eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri* (26. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Ceylan, E. ve Saygıner, Ş. (2017). Fen ve matematik eğitiminde geleneksel laboratuvar uygulamalarına bir alternatif: PhET simülasyonları. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 107-116.
- Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D. ve Turgut, F. (1997). *Fizik Öğretimi*. Ankara: YÖK/Dünya Bankası Milli Eğitim Geliştirme Projesi, Hizmet Öncesi Öğretmen Yetiştirme Eğitimi.
- Çepni, S., Kaya, A. ve Küçük, M. (2005). Fizik öğretmenlerinin laboratuvarlara yönelik hizmet içi ihtiyaçlarının belirlenmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(2), 181-196.
- Çivril, H. (2017). *Açık ve uzaktan öğrenmede sanal laboratuvarlar: Devre analizi uygulaması*. [Yayınlanmamış doktora tezi]. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Eskişehir.
- de Jong, T., Linn, M. C. ve Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308.

- Deniz, D. Z., Bulancak, A. ve Özcan, G. (2003, November). A novel approach to remote laboratories. *In 33rd Annual Frontiers in Education, 2003. FIE 2003.* (Vol. 1, pp. T3E-T3E). IEEE.
- Duman, M. Ş. ve Avcı, G. (2016). Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Öğrenci Başarısına ve Öğrenilenlerin Kalıcılığına Etkisi: Mersin-Erdemli Örneği. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 13-33.
- Ekici, M. (2015). *Fen bilimleri öğretmenlerinin sanal laboratuvar hakkındaki görüşleri ve bu yöntemden faydalanma düzeyleri*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adıyaman.
- Erdem, A. (2018). Liselerdeki fizik eğitiminde teknolojinin kullanılmasına yönelik öğretmen görüşlerinin incelenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi/The Journal of International Social Research*, 11(56), 505-520.
- Eryılmaz-Muştu, Ö., Ertaş Kılıç, H. ve Şen, A. İ. (2018). Fen bilgisi öğretmenliği lisans öğrencilerinin açık uçlu deneylere ilişkin görüşleri: Deney günlükleri. *Sakarya University Journal of Education*, 8(3), 158-175.
- Feynman, R. P., Sands, M. ve Leighton, R. (2016). *Feynman fizik notları cilt 1: Mekanik, ışınım, ısı*. İstanbul: Alfa Yayınları.
- Jimoyiannis, A. ve Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36, 183-204.
- Karagöz, Ö. (2006). *Fizik derslerinde kullanılan farklı sanal laboratuvar programlarının tasarım ve kullanılabilirlik açısından değerlendirilmesi ve farklı öğretim yöntemleriyle kullanılmaları durumunda öğrenci başarısı üzerindeki etkilerinin incelenmesi*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karagöz-Mırçık, Ö. ve Saka, A. Z. (2016). Fizik öğretiminde sanal laboratuvar destekli uygulamaların değerlendirilmesi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 5 (Özel Sayı), 388-395.
- Koç-Ünal, İ. ve Şeker, R. (2020). The examination of the effect of virtual laboratory applications on student' academic achievement: Electricity unit. *Ahi Evran University Journal of Kırşehir Education Faculty*, 21(1), 525-543.
- Maddux, C. D. ve Johnson, D. L. (2006). Type II applications of information technology in education. *Computers in the Schools*, 23(1-2), 1-5.
- MEB (2017, 3 Kasım). *Fizik Öğretmeni Özel Alan Yeterlikleri*. Erişim Tarihi: 24.11.2022. Erişim adresi: https://oygm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2017_11/06152604_FYZYK_YYRETMENY_YZEL_ALAN_YETERLYKLERY.pdf
- Miles, M. B., ve Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Okur, M. (2021). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mobil teknolojilerin laboratuvar ortamında kullanılmasına yönelik görüşlerinin değerlendirilmesi. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 982-1008.
- Ozan Leymun, Ş., Odabaşı, H. F. ve Kabakçı Yurdakul, I. (2017). Eğitim ortamlarında durum çalışmasının önemi. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 369-385.
- Önder, F. ve Tanel, Z. (2018). The effect of computer simulations on the process of students performing DC circuit analysis experiments. *Turkish Studies (Elektronik)*, 13(27), 1087-1102.

- Özdemir, E. (2019). Sanal deneylerin modern fizik dersinde öğrenme etkinliği olarak kullanımı: Katot ışın tüpü sanal deneyi örneği. *Studies in Educational Research and Development*, 3(2), 43-61.
- Pelgrum, W. J. ve Law, N. (2003). *ICT in education around the world: Trends, problems and prospects*. UNESCO International Institute for Educational Planning.
- Sarı, M. (2013). Fizik konularının öğretiminde deneysel çalışmanın öğrenci başarısına etkisi ve öğretmenlerin karşılaştıkları zorlukların belirlenmesi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 143-147.
- Serway, R. A. ve Beichner, R. J. (2002). *Fen ve mühendislik için fizik 1 mekanik-mekanik dalgalar- termodinamik*. (Çev. K. Çolakoğlu). Ankara: Palme Yayıncılık.
- Sönmez, E., Dilber, R., Karaman, İ. ve Şimşek, D. (2005). Fizik laboratuvarında kullanılan deney malzemeleri üzerine bir çalışma. *Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11, 590-604.
- Tanel, Z. ve Önder, F. (2010). Elektronik Laboratuvarında bilgisayar simülasyonları kullanımının öğrenci başarısına etkisi: Diyot deneyleri örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 101-110.
- Tanel, Z. ve Tanel, R. (2010). Fizik laboratuvarları ile bilişim ortamlarının durumu ve kullanımına yönelik öğretmen görüşleri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 76-87.
- Trumper, R. (2003). The physics laboratory – A historical overview and future perspectives. *Science & Education*, 12, 645–670.
- Tubin, D. (2006). Typology of ICT implementation and technology applications. *Computers in the Schools*, 23(1-2), 85-98.
- Uzal, G. ve Erdem, A. (2009). Bilgisayar destekli fen bilgisi/fizik eğitimi: Öğretmenlerin genel eğilimleri ve gereksinimleri. *Milli Eğitim*, 38(183), 380- 390.
- Yener, D., Aydın, F. ve Köklü, N. (2012). Genel fizik laboratuvarındaki öğrencilerin fiziğe karşı öz-yeterliliklerine animasyon ve simülasyonun etkisi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(2), 121-136.
- Yaman, S. ve Öner, F. (2003). Lise fizik laboratuvarlarında kullanılan araç-gereçlerin yeterlilik düzeyleri ve laboratuvar çalışmalarının değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 11(2), 379-386.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (5.Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz-İnce, E. ve Kutlu, A. (2014). Web tabanlı laboratuvarlar. *Akademik Bilişim 2014 Konferansı Bildirileri*. 441-448.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Students have the chance to learn both scientific knowledge and the way of accessing scientific knowledge in laboratories. According to Trumper (2003), learning to do science or learning science without laboratory or field work is unimaginable because experimenting is an activity that confirms all scientific knowledge and understanding. Laboratory practices in physics teaching are also extremely important in terms of creating an effective, meaningful, and permanent learning environment for the student (Akdeniz & Karamustafaoğlu, 2003).

Real laboratory applications give students the chance to use physical equipment and acquire many practical laboratory skills, such as troubleshooting. In addition, students learn about the complexity of science as they encounter situations such as measurement errors in a real laboratory.

Simulations are defined as multiple dynamic models in which some variables of physical events are represented by computers (Yener et al., 2012). Depending on these features of simulations, experiments are made by using simulations that are prepared as suitable to content knowledge, in virtual laboratories.

When the relevant literature is examined, the use of real and virtual laboratory experiments in physics teaching has both positive and negative aspects for teachers and students. Therefore, it is thought that the fact that pre-service teachers have encountered both of these types of experiments during their education will be effective in their future teaching professions. In this way, the candidates will be able to make a decision based on their own experience and have the foresight in which situations they can use real and virtual laboratory experiments.

Therefore, in this study, it is aimed to determine the opinions of pre-service physics teachers, who performed the same experiment using both types of experiments, about real and virtual laboratory experiments.

Method

The case study, one of the qualitative research methods, was used in this study. The case study includes the tasks of understanding, defining, and describing the causes and consequences of a current situation where the researcher has no control over the variables (Ozan Leymun et al., 2017).

The study group of the research was determined by convenience sampling, which is one of the non-random sampling methods (Büyüköztürk et al., 2019). The study group consisted of 10 male and 18 female physics teacher candidates studying at the education faculty of a state university. These participants are pre-service teachers enrolled in the "Laboratory Practices in Physics Teaching 2" course in the spring semester of the 2021-2022 academic year in the third year of the physics education department.

The "Teacher Candidate Opinion Questionnaire on Physics Experiments Performed in Real and Virtual Laboratories", prepared by the researchers was applied to the teacher candidates after the application as the data collection tool. Teacher candidates were asked to respond to the questionnaire questions in writing. Teacher candidates were not asked to write their names in any way so that their answers would not be affected.

In the study, the content analysis method was used to reveal the themes that would define pre-service teachers' views on physics experiments carried out in real and virtual laboratories.

Findings

Pre-service teachers produced a total of 71 positive statements about real laboratory practices. These statements are grouped under two categories. While four themes emerged from a total of 12 expressions under the teacher category, nine themes emerged from a total of 59 expressions under the student category. Also, pre-service teachers produced a total of 71 negative statements about real laboratory practices. These statements are grouped under three categories. While one theme emerged from 18 expressions under the general category, four themes emerged from a total of 22 expressions under the teacher category and six themes emerged from a total of 31 expressions under the student category.

Pre-service teachers produced a total of 121 positive statements about virtual laboratory practices. These statements are grouped under three categories. While two themes emerged from a total of six expressions under the general category, eight themes from a total of 48 expressions under the teacher category, and 15 themes emerged from a total of 67 expressions under the

student category. Therefore, pre-service teachers produced a total of 40 negative statements about virtual laboratory practices. These statements are grouped under three categories again. While one theme emerged from a total of four expressions under the general category, three themes emerged from a total of five expressions under the teacher category, and nine themes emerged from a total of 31 expressions under the student category.

36 statements were produced regarding the opinions of the pre-service physics teachers about in which stage of the teaching is more appropriate to use real and/or virtual laboratory experiments. From the created two categories; four themes emerged from a total of 14 expressions under the real laboratories category and five themes emerged from a total of 22 expressions under the virtual laboratories category.

Pre-service physics teachers stated 126 statements about in which topic of physics is more appropriate to use real and/or virtual laboratory experiments. At this stage, 10 themes emerged from a total of 52 expressions under the category of real laboratories, and 11 themes from a total of 74 expressions under the category of virtual laboratories.

Discussion, Conclusion, and Suggestions

It has been revealed that pre-service teachers have positive and negative opinions about performing physics experiments in real or virtual laboratories.

Pre-service teachers are of the opinion that it is appropriate to use physics experiments in real and virtual laboratories during the introduction, development, conclusion, and evaluation stages of the course. In addition, they found it appropriate to use virtual laboratory experiments in preparation for the lesson.

While the pre-service teachers found it appropriate to use virtual laboratory experiments in atomic physics and radioactivity, they found it appropriate to use both types of experiments in all other curriculum subjects.

Virtual laboratory physics experiments can be used to overcome the deficiencies of real laboratory experiments. In the following studies, it can be suggested that the results of the research be enriched by comparing the opinions of pre-service teachers or teachers with different levels of experience in the virtual laboratory experiment.