

T.C.
Fırat Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı
Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı



6. SINIF YOĞUNLUK KONUSU ÜZERİNE
SANAL LABORATUVAR UYGULAMALARININ
AKADEMİK BAŞARIYA, TUTUMA VE KALICILIĞA ETKİSİ

Yüksek Lisans Tezi

Emre DOĞAN

Danışman: Prof. Dr. Erdal CANPOLAT

Elazığ, 2024

T.C.
Fırat Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
Yüksek Lisans Tezi

Tez Başlığı: 6. Sınıf Yoğunluk Konusu Üzerine Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Akademik Başarıya, Tutuma ve Kalıcılığa Etkisi

KABUL VE ONAY

Tez Yazarı: Emre DOĞAN

İlk Teslim Tarihi : 24.06.2024

Savunma Tarihi : 18/07/2024

Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez, Eğitim Bilimleri Enstitüsünün Yönetim Kurulunun .../.../ 20.... tarih ve ... sayılı kararı ile oluşturulan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık olarak yapılan tez savunma sınavı sonucunda oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Erdal CANPOLAT

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Esin KAYA

Üye: Prof. Dr. İsmail TÜRKOĞLU

O N A Y

Bu tez, Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../ 20.... tarih ve ... sayılı kararıyla tescillenmiştir.

Prof. Dr. Ahmet TEKİN

Enstitü Müdürü

BEYANNAME

Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “6. Sınıf Yoğunluk Konusu Üzerine Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Akademik Başarıya, Tutuma ve Kalıcılığa Etkisi” başlıklı yüksek lisans/doktora tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

18/07/2024

Emre DOĞAN

ÖZ

6. Sınıf Yoğunluk Konusu Üzerine Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Akademik Başarıya, Tutuma ve Kalıcılığa Etkisi

Emre DOĞAN

Yüksek lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

Eğitim Bilimleri Enstitüsü

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı

Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı

2024, Sayfa: XII + 103

Bu araştırma, sanal laboratuvar etkinliklerinin 6. sınıf öğrencilerinin "yoğunluk" konusuna ilişkin akademik başarılarına, fen bilimleri derslerine yönelik tutumlarına ve bilgilerinin kalıcılığına etkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, ön test-son test deney-kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılarak yürütülmüştür. Araştırmanın örneklemi Elazığ il merkezindeki Arif Nihat Asya Ortaokulu'nun 6. sınıfında öğrenim gören toplam 48 öğrenci oluşturmaktadır. Örneklem, kolay ulaşılabilir örneklem yöntemi ile belirlenmiştir. Araştırmada “Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi (YKABT)” ve “Fene Yönelik Tutum Ölçeği (FYTÖ)” olmak üzere iki farklı ölçme aracı kullanılmıştır. Araştırma iki evrede yürütülmüştür. İlk evrede, öğrencilere ön test olarak "Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi" ve "Fen Bilimleri Dersine Yönelik Tutum Ölçeği" uygulanmıştır. Sonuçlara göre gruplar rastgele kontrol ve deney grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Deney grubu, "Phet" simülasyon uygulamasıyla ünite hedeflerine uygun interaktif etkinlikler yapmıştır. Kontrol grubunda ise geleneksel yöntemlerle dersler işlenmiştir. Araştırmanın ikinci evresinde ise dört haftalık uygulama süresinin ardından, her iki gruba da "Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi" ve "Fen Bilimleri Dersine Yönelik Tutum Ölçeği" tekrar uygulanarak, yapılan öğretim etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarıları ve tutumları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Uygulamanın bitiminden dört hafta sonra, akademik başarı testi kalıcılık testi olarak her iki gruba da tekrar uygulanmıştır. Elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı kullanılarak

analiz edilmiştir. Araştırmada, deney ve kontrol gruplarının denkliği, Çoklu Değişkenlerin Analizi (MANOVA) ile belirlenmiştir. Ön test puanları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. MANCOVA uygulanmadan önce, verilerin normal dağılımı gibi temel varsayımlar kontrol edilmiş ve sağlandığı tespit edilmiştir. Son test puanları arasındaki farkı incelemek için yine MANOVA kullanılmıştır. Ayrıca, akademik başarı testi puanlarının analizinde iki faktörlü karışık ölçümler ANOVA tercih edilmiştir. Uygulanan yöntemlerin kalıcılık üzerindeki etkisi, iki faktörlü ANOVA ile incelenmiştir.

Araştırma sonucunda, deney ve kontrol grupları arasında YKABT ve FYTÖ son test puanları açısından hem istatistiksel hem de pratik anlamda anlamlı bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Deney grubu öğrencilerinin YKABT ve FYTÖ puan ortalamaları, kontrol grubuna kıyasla daha yüksektir. Bu durum, sanal laboratuvar uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin yoğunluk konusundaki akademik başarılarını artırmada etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Öte yandan, deney ve kontrol grupları arasında kalıcılık testi puanları açısından istatistiksel bir fark bulunmamaktadır. Bu bulgu, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrenilen bilgilerin kalıcılığı üzerinde geleneksel öğrenme yöntemleriyle benzer bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Akademik Başarı, Tutum, Kalıcılık, Sanal Laboratuvar, Fen Eğitimi, Yoğunluk

ABSTRACT

The Effect of 6th Grade Virtual Laboratory Applications on Density Subject on Academic Achievement, Attitude and Retention

Emre DOĞAN

Master Thesis

FIRAT UNIVERSITY

Institute of Educational Science

Department of Mathematics and Science Education

Division of Science Education

2020, P: XII + 103

This study aims to investigate the effect of virtual laboratory activities on 6th grade students' academic achievement, attitudes towards science courses and retention of knowledge on the subject of "density". The research was conducted using a quasi-experimental design with pretest-posttest experimental-control group. The sample of the study consisted of 48 students studying in the 6th grade of Arif Nihat Asya Secondary School in Elazığ city centre. The sample was determined by convenience sampling method. Two different measurement tools, "Density Subject Academic Achievement Test" and "Attitude Scale towards Science" were used in the study. The research was conducted in two phases. In the first phase, "Density Subject Academic Achievement Test" and "Attitude Scale towards Science Course" were applied to the students as pre-test. According to the results, the groups were randomly divided into two as control and experimental groups. The experimental group carried out interactive activities in accordance with the unit objectives with the "Phet" simulation application. In the control group, lessons were taught with traditional methods. In the second phase of the study, after the four-week implementation period, "Density Subject Academic Achievement Test" and "Attitude Scale towards Science Course" were re-applied to both groups and the effects of the teaching activities on the academic achievement and attitudes of the students were examined. Four weeks after the end of the application, the academic achievement test was reapplied to both groups as a retention test. The data obtained were analysed using SPSS 22.0

package programme. In the study, the equivalence of the experimental and control groups was determined by Analysis of Multiple Variables (MANOVA). No significant difference was found between the pre-test scores. Before applying MANCOVA, basic assumptions such as normal distribution of the data were checked and found to be met. MANOVA was again used to analyse the difference between the post-test scores. In addition, two-factor mixed measures ANOVA was preferred to analyse the academic achievement test scores. The effect of the applied methods on retention was analysed by two-factor ANOVA.

As a result of the research, it was observed that there was a statistically and practically significant difference between the experimental and control groups in terms of the post-test scores of YKABT and FYTÖ. The mean scores of the experimental group students were higher than those of the control group. This shows that virtual laboratory applications are an effective tool in increasing the academic achievement of secondary school students in density. On the other hand, there was no statistical difference between the experimental and control groups in terms of retention test scores. This finding shows that virtual laboratory applications have a similar effect on the retention of the learned information with traditional learning methods.

Key Words: Academic Achievement, Attitude, Retention, Virtual Laboratory, Science Education, Density

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BEYANNAME.....	ii
ÖZ	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR.....	xi
EKLER LİSTESİ	xii
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
I. GİRİŞ.....	1
1.1.Araştırmanın Problemi	1
1.2. Araştırmanın Amacı	3
1.3. Araştırmanın Önemi	4
1.4. Araştırmanın Sayıltıları	5
1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları	5
1.6. Araştırmanın Tanımları	6
İKİNCİ BÖLÜM	8
II. KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ALAN YAZIN	8
2.1. Fen Öğretimi.....	8
2.2. Fen Öğretiminde Laboratuvarların Rolü ve Önemi	12
2.2.1. Fen Eğitiminde Laboratuvar Kullanımının Amaçları	14
2.2.2. Fen Eğitiminde Laboratuvar Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler	17
2.3. Fen Bilimlerinde Kullanılan Laboratuvar Türleri	18
2.3.1. Geleneksel Laboratuvarlar	18
2.3.2. Sanal Laboratuvarlar	19
2.4. Fen Öğretiminde Kullanılan Sanal Laboratuvar Uygulamaları	24
2.5. Fen Eğitiminde Sanal Laboratuvar Kullanmanın Önemi	29
2.6. Literatürde Yer Alan Araştırmalar	30
2.6.1. Yurtiçi Araştırmalar	30
2.6.2. Yurtdışı Araştırmalar.....	41
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	45
III. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ.....	45
3.1. Araştırmanın Yaklaşımı	45
3.2. Araştırmanın Modeli	45

3.3. Evren ve Örneklem.....	46
3.3. Veri Toplama Araçları.....	46
3.3.1. Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi.....	46
3.3.2. Fene Yönelik Tutum Ölçeği	47
3.4. Araştırma Süreci.....	48
3.5. Verilerin Analizi.....	49
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	50
IV. BULGULAR VE YORUM.....	50
4.1. Kayıp Değer Analizi.....	50
4.2. Çok Değişkenli Kovaryans Analizi (MANOVA) ile Ön Test Sonuçlarına Dayalı Grup Karşılaştırmaları	52
4.2.1. Betimsel İstatistikler Aracılığıyla Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) Uygulamaları	52
4.2.1.1. Betimsel İstatistikler: Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi Ön Test Puanları.....	53
4.2.1.2. Betimsel İstatistikler: Fene Yönelik Tutum Ölçeği.....	53
4.2.2. Çok Değişkenli Varyans Analizi Sayıtlarının Kontrol Edilmesi	54
4.2.2.1. Örneklem Büyüklüğü	55
4.2.2.2. Normallik Sayıltısı	55
4.2.2.3. Uç Değerler	56
4.2.2.4. Doğrusallık	56
4.2.2.5. Çoklu Ortak Doğrusallık ve Tekillik.....	56
4.3. Grup Performanslarının Son Test Değerlendirme Sonuçlarına Dayalı Analizi	58
4.3.1. Betimsel İstatistikler Aracılığıyla Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) Uygulamaları	59
4.3.1.1. Betimsel İstatistikler: Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi Son Test Puanları.....	59
4.3.1.2. Betimsel İstatistikler: Fene Yönelik Tutum Ölçeği.....	59
4.3.1.3. Betimsel İstatistikler: Kalıcılık Testi.....	61
4.3.2. YKABT, FYTÖ ve Kalıcılık Test Puanları Bakımından Grupların Karşılaştırılması	62
BEŞİNCİ BÖLÜM	64
V. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	64
KAYNAKLAR.....	71
EKLER.....	89
İZİN BELGELERİ.....	99
ÖZ GEÇMİŞ.....	103

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1	Eşleştirilmiş Gruplar Yarı DeneySEL Desenİ	46
Tablo 2	Araştırmaya katılan öğrencİlerin ön test puanlarının karşılaştırılması.....	46
Tablo 3	Uygulama Öncesi ve Sonrası Test Sonuçlarının Karşılaştırmalı Analizi.....	48
Tablo 4	Düzeltilmiş kayıp değerler	52
Tablo 5	Yoğunluk konusu akademik başarı testi ön test puanlarına ilişkin betimsel istatistikler	53
Tablo 6	Fene Yönelik Tutum Ölçeğİ ön test puanlarına ilişkin betimsel istatistikler	54
Tablo 7	Akademik başarı testi ve tutum testi arasındaki ilgİleşİmler.....	57
Tablo 8	Grupların YKABT ve FYTÖ ön test puanlarına ilişkin MANOVA analizi sonuçları	58
Tablo 9	YKABT, FYTÖ ve alt boyutları için gruplar arası etkİler analizi.....	58
Tablo 10	Yoğunluk konusu akademik başarı testi son test puanlarına ilişkin betimsel istatistikler	59
Tablo 11	FYTÖ son test puanlarına ilişkin betimsel istatistikler	61
Tablo 12	Yoğunluk konusu kalıcılık testi puanlarına ilişkin betimsel istatistikler	62
Tablo 13	Grupların YKABT, FYTÖ ve alt boyutları ön test puanlarına ilişkin MANOVA analizi sonuçları.....	62
Tablo 14	YKABT, FYTÖ ve alt boyutları için gruplar arası etkİler analizi.....	63

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1	Model science software	25
Şekil 2	“Phet Intercative Simulations” sanal laboratuvar uygulaması	26



KISALTMALAR LİSTESİ

BSB	: Bilimsel Süreç Becerileri
FYTÖ	: Fene Yönelik Tutum Ölçeği
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
NRC	: National Research Council (Ulusal Araştırma Komisyonu)
STEM	: Fen Teknoloji Mühendislik Matematik
TGA	: Tahmin Et-Gözle-Açıkla
YKABT	: Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi



EKLER LİSTESİ

EK 1: Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi	89
EK 2: Fene Yönelik Tutum Ölçeği	94
EK-3: Uygulama Fotoğrafları	95
EK 4: Etik Kurul Kararı	99
EK 5: Elazığ İl Milli Eğitim Müdürlüğü İzni.....	100
EK 6: Orijinallik Raporu	102



BİRİNCİ BÖLÜM

I. GİRİŞ

Çalışmanın bu kısmında araştırmanın temelini oluşturan problem durumunu, problemi ve alt problemleri tanımlanmaktadır. Ayrıca, araştırmanın hedefleri, katkıları ve kapsamı da belirtilmektedir. Araştırmanın karşılaştığı sınırlılıklar da bu bölümde açıklanmaktadır.

1.1.Araştırmanın Problemi

Fen eğitiminin temel hedefi, öğrencilere yaşadıkları dünyayı anlama yetisi kazandırarak, bu bilgileri günlük yaşamlarındaki problemlere yaratıcı ve etkili çözümler üretebilecek şekilde kullanabilen fen okuryazarı bireyler yetiştirmektir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018). Fen bilimleri genellikle soyut ve karmaşık konuları içermektedir. Bu nedenle, fen eğitiminde kavramlar arasındaki ilişkilerin kurulması ve soyut kavramların somutlaştırılması, öğrenmenin etkili ve kalıcı olması açısından kritik bir öneme sahiptir (Polat ve Önal Karakoyun, 2022). Geleneksel öğretim yöntemleri, fen bilimleri konularının anlaşılmasında yetersiz kalabilir ve öğrencilerin kavramlar ile olaylar arasındaki ilişkileri açıklamak için daha fazla zihinsel çaba harcamalarına neden olabilir (Polat ve Yılayaz, 2023a), bu durum da birtakım bilişsel yanılgıların ortaya çıkmasına yol açabilir (Dale, 2015; Önal Karakoyun ve Asiltürk, 2022; Robledo vd., 2021).

Ulusal Araştırma Konseyi (2012) ve Wang vd.'nin (2014) çalışmaları, soyut kavramları somutlaştırmak, kavramlar arası ilişkileri kurmak ve bilişsel yanılgıları azaltmak için laboratuvar deneylerinin önemini vurgulamaktadır. Bu deneyler, öğrencilerin aktif öğrenmeyi teşvik ederek, fiziksel materyaller ve sistemlerle etkileşim kurmalarına ve somut deneyimler kazanmalarına olanak tanır (McNeil vd., 2009). Dahası, Mercer'in (2008) çalışmasında da belirtildiği gibi, laboratuvar deneyleri, öğrencilerin deney yapma sürecini ve tartışmalarını incelemelerine imkan sağlayarak, kendi öğrenme ve düşünme süreçlerini anlamalarına yardımcı olabilir.

Laboratuvar deneyleri, bilimin doğasının anlaşılmasında, bilimsel süreç becerilerinin geliştirilmesinde, kalıcı öğrenmenin sağlanmasında, problem çözme yeteneğinin artırılmasında ve fen bilimlerine karşı motivasyon ve tutumun geliştirilmesinde önemli rol oynar (Ateş ve Eryılmaz, 2011; Sutarno vd., 2019; Penn ve

Ramnarain, 2019). Ancak, okullardaki laboratuvar imkanlarının yetersizliği, donanım ve materyal eksikliği, fen bilgisi öğretmenlerinin laboratuvar kullanımı konusunda yetersiz bilgi ve deneyime sahip olması, laboratuvar kazaları ve öğretim programındaki bazı sorunlar laboratuvar kullanımını sınırlayıcı faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır (Batı, 2018; Kılıç ve Aydın, 2018; Yurttaş Kumlu, 2021). Bu durum, fen eğitiminde pedagojik hedeflere ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda, alternatif laboratuvar ortamları, geleneksel laboratuvarların eksikliklerini gidererek fen eğitiminde önemli bir rol oynayabilir (Polat ve Yılayaz, 2023a).

Teknoloji, bireysel ve toplumsal yaşamın ayrılmaz bir parçası olarak eğitim-öğretim alanında da farklı yenilikler ve imkanlar getirmektedir. Bilgi iletişim teknolojilerinin ilerlemesiyle birlikte öğrenme-öğretme sürecine yönelik pek çok yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Bilim ve teknoloji çağında yaşadığımız bugünlerde eğitim teknolojileri matematik (Türkdoğan vd., 2010; Aydoğdu vd., 2015; İç ve Tutak, 2018; Makhmudova, 2020; Cullen vd., 2020; Thurm ve Barzel, 2022;), fen (Kaya ve Yılayaz, 2013; Canpolat ve Tağ, 2014; Nugraha ve Eliyawati, 2019; Yıldız ve Zengin, 2021; Alan vd., 2021; Moon vd., 2021; Keçeci vd., 2021; Polat ve Yılayaz, 2023b; Polat vd., 2024a, Polat vd., 2024b;), fizik (Ellermeijer ve Tran, 2019; Habibi ve Habibi, 2014; Sullivan vd., 2017), kimya (Moreno vd., 2018) ve biyoloji (Anazifa, 2022; Garaway-Lashley, 2014; Safitri vd., 2017) gibi birçok disiplin alanında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Fen eğitimindeki yeni teknolojik gelişmelerden bir tanesi de sanal laboratuvarlardır. Sanal laboratuvarlar, fiziksel laboratuvarlarda bulunan materyal ve koşulları simülasyon ve animasyonlarla sunan teknolojik uygulamalardır (Lestari ve Pahar, 2020). Sanal laboratuvarlar, fiziksel laboratuvarlarda yapılması mümkün olmayan veya riskli olan deneyleri simülasyon ve animasyon içerikleriyle gerçekleştirmeye imkan tanımaktadır. Sanal laboratuvarlar, laboratuvar deneylerini bilgisayar ortamında simüle ederek öğrencilere temel kavramlar, ilkeler ve süreçler hakkında anlamlı bir sanal deneyim sunmaktadır. Sanal laboratuvarlar, bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle ortaya çıkmıştır. Öğrenciler sanal laboratuvarlar sayesinde öğrenme-öğretme sürecinde hatalı yapılan deneyleri tekrarlayabilir ve istenen deneyimi derinleştirebilirler (Tatlı ve Ayas, 2013; Wastberg vd., 2019). İnternet ve bilgisayar teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte sanal laboratuvarların kullanımı da artmıştır (D'Angelo vd., 2016). Son zamanlarda tamamen yazılım tabanlı çeşitli sanal laboratuvar uygulamaları birçok

bilimsel alanda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Sanal laboratuvarlar, belirli bir disiplin alanına özgü ve farklı teknikler içeren, bilgisayar tabanlı simülasyon ortamlarıdır. Bu ortamlar, öğrencilere gerçek laboratuvar ortamında mümkün olmayan deneyimleri sunarak, zaman ve mekandan bağımsız bir şekilde STEM uygulamalarını keşfetme imkanı sunmaktadır. Geleneksel uygulamalı yöntemlere kıyasla sanal laboratuvarlar, daha etkili bir öğrenme ortamı sağlayabilmektedir. Gerçekçi görselleştirmeler ve etkileşimli deneyler ile öğrenciler, soyut kavramları somutlaştırabilir ve bilimsel süreçleri daha iyi anlayabilirler. Bu sayede, sanal laboratuvarlar, yapıcı öğrenme ortamları yaratarak öğrencilerin aktif katılımını ve motivasyonlarını artırmaktadır (Emhadelima, 2015; Miller vd., 2018). Fen eğitiminde, deneysel yöntemler bilimsel yaklaşımlarla iç içedir. Bu nedenle, bilimsel yöntemler ve bilimsel süreç becerileri ayrı ele alınamaz (Sihombing ve Marheni, 2012). Sanal laboratuvarlar, öğrencilerin bu becerilerini geliştirmeleri için ideal bir ortam sunmaktadır. Öğrenciler, sanal deneyler aracılığıyla hipotezleri test etmeyi, veri toplamayı ve analiz etmeyi, sonuçları yorumlamayı ve bilimsel raporlar hazırlamayı deneyimleme imkanı bulmaktadır. Okul ortamlarında fen bilimleri derslerinde verilen içeriğin her zaman fen laboratuvarlarında uygun materyallerle açıklanamaması ve gözlenememesi, etkili ve kalıcı öğrenmeleri engelleyebilmektedir (Ismail vd., 2016). Sanal laboratuvarlar ise bu sorunun üstesinden gelerek, gözlemlenmesi zor olan bilimsel kavramları animasyonlar ve videolar ile somutlaştırarak öğrencilerin kavramları daha iyi anlamalarını sağlamaktadır (Polat ve Yılayaz, 2023a).

Alan yazında yer alan çalışmalar incelendiğinde genellikle sanal laboratuvar kullanımının öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisinin ve gerçek laboratuvar ile sanal laboratuvarların akademik başarı üzerindeki etkisinin araştırıldığı görülürken; öğrencilerin fen bilimleri dersine yönelik tutumları ve bilginin kalıcılığına etkisinin araştırıldığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Bu bağlamda araştırmanın problemini “Yoğunluk” konusu üzerine sanal laboratuvar uygulamalarının akademik başarıya, tutuma ve kalıcılığa etkisi nedir?” sorusu oluşturmaktadır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; sanal laboratuvar uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin “yoğunluk” konusuna ilişkin akademik başarıları, fen bilgisi derslerine yönelik tutumları

ve öğrenilen bilgilerin kalıcılığına etkisinin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda araştırmada aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

1. Öğrenci gruplarının ön test puanları istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılaşmakta mıdır?
2. Öğrenci gruplarının son test puanları istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılaşmakta mıdır?
3. Uygulama öncesinde öğrenci gruplarının fen dersine ilişkin tutumları anlamlı düzeyde farklılaşmakta mıdır?
4. Uygulama sonrasında öğrenci gruplarının fen dersine ilişkin tutumları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
5. Uygulama sonrasında öğrenci gruplarının öğrenilen bilgilerin kalıcılık düzeyleri arasında anlamlı düzeyde bir farklılık var mıdır?

1.3. Araştırmanın Önemi

Fen bilimleri dersinin temel amaçlarından biri, öğrencilere astronomi, biyoloji, fizik, kimya, yer ve çevre bilimleri gibi farklı alanlarda yer alan temel kavramları kazandırmaktır (MEB, 2018, s. 9). Bu alanlara ilişkin kavramların doğru bir şekilde kavranması, sarmal bir yapı gösteren fen bilimleri dersinin önemli bir gereksinimidir. Fen bilimlerinde yer alan kavramlar öğrencilerin zihninde soyut kaldığında, hem öğrencilerin akademik başarılarını düşürmekte hem de derse yönelik tutumlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu bağlamda fen bilgisi derslerinde yer alan konu, kavram ve kazanımların verimli bir şekilde aktarılabilmesi için hem yüz yüze hem de uzaktan eğitim süreçlerinde pratik yani uygulamaya dayalı etkinliklerle yürütülmesinin önemli olduğu söylenebilir (Acharya, Acharya ve Khatri, 2022). Fen laboratuvarlarının eğitimdeki rolü tartışılmazdır. Ancak, özellikle kırsal kesimdeki okullarda fen laboratuvarlarının eksikliği, var olanların yetersizliği, öğretmenlerin laboratuvar becerilerinin düşüklüğü, bazı deneylerin maliyetli veya tehlikeli olması gibi faktörler laboratuvar kullanımını engelleyebilmektedir (Demir, Büyük ve Koç, 2011, s. 67). 2019'da Çin'de başlayan ve dünya çapında bir salgına dönüşen COVID-19, birçok alanda olduğu gibi eğitimde de büyük bir değişime yol açmıştır. Okulların kapanmasıyla birlikte uzaktan eğitime geçilmiş ve yüz yüze eğitimin yerini sanal ortamlar almıştır. Sanal laboratuvarlar, hem yüz yüze hem de uzaktan eğitimde laboratuvar kullanımına engel olan sorunları aşmaya

yardımcı olmakta ve fen öğretiminde etkileşimi artırmaya katkıda bulunmaktadır (Kavlak ve Birhanlı, 2023). Uzaktan eğitimde fen öğretiminin kalitesini ve kalıcılığını artırmak için sanal laboratuvarların önemi vurgulanmaktadır. Kaba (2012), sanal laboratuvar uygulamalarının fen eğitimindeki niteliği ve önemi üzerine yaptığı çalışmada, sanal laboratuvarların yüz yüze laboratuvarlara göre bazı avantajları olduğunu belirtmiştir. Bunlar; zaman kazancı, konsantrasyon, sınıf içi hareketlilik gibi özelliklerdir. Ayrıca, sanal laboratuvarlarda deneylerin kolaylıkla tekrar edilebilmesi ve hatalı sonuçlarda yeniden yapılabilmesi de sanal laboratuvarların üstünlüğünü göstermiştir. Literatürde yapılan araştırmalar, sanal laboratuvarların öğrencilerin deney tutumlarını ve akademik başarılarını geliştirdiğini, simülasyon ve animasyon destekli uygulamaların da bilimsel süreç becerileri, tutum ve motivasyonlarını artırdığını ortaya koymuştur (Kavlak ve Birhanlı, 2023; Yavuz ve Akçay, 2017; Demir, 2018; Deniz Çeliker ve Tumru, 2021). Ancak, sanal laboratuvar uygulamalarının fen bilgisi derslerine yönelik tutum ve bilgilerin kalıcılığı üzerine etkisini inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına, fen tutumlarına ve fen öğrenmelerinin kalıcılığına etkisi incelenmiştir. Bu çalışmanın, gelecekte sanal laboratuvarların farklı değişkenlere etkisini araştıran fen eğitimi çalışmalarına ışık tutacağı düşünülmektedir.

1.4. Araştırmanın Sayıltıları

Bu araştırma şu varsayımlara dayanarak gerçekleştirilmiştir:

1. Araştırmada yer alan öğrenciler akademik başarı testi, tutum ölçeği ve kalıcılık testine cevap verirken birbirlerini etkilememişler ve testleri dürüstçe yanıtlamışlardır.
2. Deney ve kontrol grubundaki öğrenciler süreç içinde birbirlerinden bağımsız hareket etmişlerdir.
3. Zaman, öğrencilerin bilişsel seviyeleri, derse yorgun ve isteksiz gelmeleri gibi kontrol edilemeyen değişkenler hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencileri eşit şekilde etkilemiştir.

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Bu çalışma, 2023-2024 akademik yılında gerçekleştirilen bir araştırmadır.
2. Çalışmanın kapsamı, sanal laboratuvar uygulamaları arasında yer alan Phet adlı programı içermektedir.

3.Çalışmada, fen bilimleri dersi müfredatında bulunan altıncı sınıf “Yoğunluk” ünitesinin kazanımlarına uygun olarak bir öğrenme ortamı tasarlanmıştır.

4.Çalışmanın verileri, araştırmacılar tarafından kullanılan ölçme araçları ile elde edilmiştir.

5.Çalışmaya katılan öğrencilerin bulunduğu bölgenin sosyo-ekonomik koşulları, günlük hayatları ve bilimsel dil becerileri, çalışmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

1.6. Araştırmanın Tanımları

Fen Bilimleri: Fen bilimleri, doğa ve doğal olayları sistematik bir şekilde inceleyen, gözlem ve deney yoluyla bilgi üreten ve bu bilgileri yorumlayan disiplinler bütünüdür. Bu disiplinler, evrenin işleyişini ve içinde yer alan canlı ve cansız varlıkların arasındaki ilişkileri çözümlemeyi amaçlar. Hançer, Şensoy ve Yıldırım (2003)'in de ifade ettiği gibi, fen bilimleri insanın yaşadığı çevreyi anlamasını ve yorumlamasını sağlayarak, bu karmaşık ortamda bir düzenlilik arama becerisini geliştirir. Bu sayede, bireyler yaşadıkları dünyayı daha iyi kavrar ve problem çözme becerilerini geliştirirler. Türk Dil Kurumu (TDK) fen bilimlerini "fizik, kimya, matematik ve biyolojiye verilen ortak ad" ve "fizik, kimya, matematik ve biyolojiden elde edilen verileri iş ve yapım alanına uygulama" şeklinde tanımlamaktadır (Ayvacı ve Şenel Çoruhlu, 2012). Bu tanımlar, fen bilimlerinin geniş kapsamını ve günlük yaşamımızdaki önemini açıkça ortaya koymaktadır. Fen bilimleri, sadece bilim insanlarının ilgilendiği bir alan olmanın ötesinde, tıp, mühendislik, tarım, gıda gibi birçok farklı alanda da kullanılan ve günlük hayatımızı kolaylaştıran birçok buluşa ve teknolojiye temel oluşturmaktadır.

Gerçek Laboratuvar: Aktif öğrenme ortamları, fen bilimleri dersindeki bir kavramı veya konuyu öğrencilere doğrudan deneyim veya gösterim yoluyla, farklı araç ve gereçler kullanarak öğreten ortamlardır (Yılmaz, 2017). Gerçek laboratuvarlarda olaylar denendiğinde, öğrenciler sonuçları gözlemlene fırsatı bulurlar (Seven ve Engin, 2018).

Sanal Laboratuvar: Öğrencilerin istedikleri zaman ve mekanda deney yapabilmelerine imkan veren sanal laboratuvarlar, öğretim teknolojileri ve bilgisayar programları kullanılarak tasarlanmış, öğrencilerin etkin katılım gösterdiği etkileşimli öğrenme ortamları niteliğindedir (Ünlü, 2019).

Akademik Başarı: Öğrencilerin okulda aldıkları derslerdeki performansları, öğretmenlerin değerlendirmeleri ve test sonuçlarıyla ölçülen bilgi ve beceri düzeylerini yansıtmaktadır (Büyüköztürk vd., 2014).

Tutum: Bireysel gelişim sürecinde davranışların değişmesi esas faktördür. Eğitim ve öğretimde öğrencilerin davranışları, olumlu veya arzu edilen şekilde değerlendirilmektedir. Davranış ve tutum birbiriyle bağlantılı olan kavramlardır. Tutum, bir bireyin yaşamındaki ve çevresindeki durum ve gelişmelere karşı gösterme eğiliminde olduğu olumlu veya olumsuz davranışlardır (Kemp, Palmer ve Strelan, 2019). Dolayısıyla davranışlar tutumun sonucudur. Eğitim ve öğretimin davranış değiştirme yönüne bakıldığında, öğrencilerin tutumlarının her zaman öncelikli olması gerektiği görülmektedir (Çetin ve Çetin, 2019).

Kalıcılık: Bilginin kalıcılığı, öğrenilenlerin uzun süreli bellekte tutulması ve ihtiyaç duyulduğunda geri çağırılması anlamına gelir. Öğrenme sürecinin etkinliği ve kalitesi, bilginin kalıcılığına bağlıdır. Bilginin kalıcılığını sağlamak için, farklı öğretim yöntemleri ve stratejileri uygulanabilir (Bakırcı ve Yıldırım, 2017).

İKİNCİ BÖLÜM

II. KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ALAN YAZIN

Araştırmanın bu bölümünde çalışma konusuna ilişkin kuramsal ve kavramsal çerçeve açıklanmış ve literatürde yer alan araştırmalar incelenmiştir.

2.1. Fen Öğretimi

Fen, bireyin çevresindeki olayları deneyimleyerek ve gözlemleyerek edindiği bilgileri zihninde yeni ilişkiler kurarak analiz-sentez yapmasıdır (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003, s. 103). Fen bilimleri aracılığıyla insanlar doğadaki olayların nedenlerini ve etkilerini kavrayabilir ve değerlendirebilir. Fen bilimleri, sadece doğayı ve doğal olayları inceleyen bir disiplinler grubu olmanın ötesinde, "bilginin doğasını ve niteliğini ele alma, mevcut bilgi birikimini anlama ve yeni bilimsel bilgi oluşturma süreci" olarak da tanımlanmaktadır (Bilir, 2019, s. 15). Bu bağlamda fen bilimleri, canlı ve cansız varlıklarla ilgili çeşitli olguları, kavramları ve genellemeleri kapsayarak geniş bir yelpazede bilgi sunmaktadır. Fizik, kimya, biyoloji ve astronomi gibi farklı disiplinlerden oluşan fen bilimleri, bu bilgileri sistematik bir şekilde sunarak evrenin işleyişine dair kapsamlı bir bakış açısı kazandırır. Fen bilimlerinin bu geniş yelpazesinde yer alan konu içeriklerinin öğretiminin kalitesi ise son derece önemlidir. Nitelikli bir fen bilimleri eğitimi, öğrencilere:

- Eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirme,
- Gözlem ve araştırma becerilerini kullanma,
- Bilimsel verileri yorumlama ve analiz etme,
- Bilimsel bulgulara dayalı gerekçeler oluşturma,
- Doğayla uyumlu ve sürdürülebilir bir bakış açısı kazanma imkanı sunar.

Bu sayede fen bilimleri eğitimi, bireyleri sadece bilim insanı olma yolunda değil, aynı zamanda bilinçli ve sorumlu vatandaşlar olarak da yetiştirir.

Fen öğretimi, öğrencilerin olaylar arasındaki nedensellik ilişkisini anlamalarına ve sistemli bir şekilde düşünmelerine katkı sağlar (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003, s. 103). Bu amaçlara erişebilmek adına, fen öğretiminde teknolojik gelişmelerden yararlanmak ve değişime uyum sağlamak gereklidir. Bu doğrultuda, ülkemizde Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), öğrencilerin farklı beceriler edinmelerini sağlamak için öğretim programlarını çağdaş öğretim yöntemlerine dayandırarak ihtiyaçlara göre güncellemektedir. Fen

bilimleri dersi de bu kapsamda ilk olarak 2004 yılında yenilenmiş ve dersin ismi fen ve teknoloji olarak değiştirilmiştir. Bu yeni programda, her bireyin fen okuryazarı olması amaçlanmıştır. Bu nedenle, öğrenci odaklı yapılandırmacı yaklaşım kuramı esas alınmıştır. 2013 yılından itibaren çeşitli revizyonlara tabi tutulan ders müfredatı, 2018 yılında son halini almıştır. Gündoğdu (2019, s. 14)'ya göre de güncel müfredatta tüm bireylerin fen okuryazarı olması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda dersin özel amaçları şu şekilde belirlenmiştir:

1. *Bilimin Doğasını Anlama*: Öğrencilerin bilimsel bilginin kaynağını, işleyişini ve sınırlarını kavramasını sağlamak.

2. *Fen Bilimleri Bilgilerini Edinme ve Kullanma*: Temel fen bilimleri kavramlarını, prensiplerini ve teorilerini öğretmek ve bu bilgileri günlük yaşamda ve problem çözmede kullanabilme becerilerini geliştirmek.

3. *Fen Bilimleri Süreçlerini Geliştirme*: Gözlem, deney, veri toplama ve analiz etme, hipotez kurma ve test etme gibi bilimsel araştırma yöntemlerini öğretmek ve bu yöntemleri kullanarak yeni bilgilere ulaşabilme becerilerini kazandırmak.

4. *Problem Çözme Becerilerini Geliştirme*: Fen bilimleri bilgisini ve becerilerini kullanarak problemleri çözme ve bilimsel düşünme becerilerini geliştirmek.

5. *Eleştirel Düşünme Becerilerini Geliştirme*: Bilgilere eleştirel yaklaşabilme, farklı bakış açılarını değerlendirebilme ve mantıklı çıkarımlar yapabilme becerilerini geliştirmek.

6. *Bilime İlişkin Tutum ve Davranışları Geliştirme*: Merak, açık fikirlilik, işbirliği ve etik değerlere saygı gibi bilime ilişkin olumlu tutum ve davranışları geliştirmek.

7. *Fen Bilimleri ve Teknoloji ile İlgili Kariyer Farkındalığı Oluşturma*: Öğrencilerin fen bilimleri ve teknoloji ile ilgili farklı alanlarda kariyer yapabileceklerinin farkına varmalarını sağlamak.

Bu amaçlar doğrultusunda, ders müfredatı çeşitli öğrenme-öğretme yöntemleri ve etkinlikleri içerecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, öğrencilerin bireysel farklılıklarına ve ilgi alanlarına hitap edecek şekilde çeşitli değerlendirme araçları kullanılmaktadır.

Dersin temel amaçlarından biri, öğrencilere bilimsel bir bakış açısı kazandırmaktır. Bu amaç doğrultusunda, öğrencilere bilimsel süreç becerileri ve araştırma yöntemleri öğretilir. Gözlem, deney, veri toplama ve analiz etme, hipotez kurma ve test etme gibi beceriler, öğrencilerin problemleri bilimsel bir şekilde analiz etmelerine ve çözümler

üretmelerine imkan tanır. Fen bilimleri dersi, sadece bilgi ve beceri kazandırmanın ötesinde, bireysel ve toplumsal sorumluluk bilincini de geliştirmeyi amaçlamaktadır. Öğrenciler, fen bilimleri ile ilgili bilgi ve becerilerini kullanarak, çevresel problemleri anlayabilir ve çözümler üretebilirler. Ayrıca, ders kapsamında ele alınan sosyobilimsel konular, öğrencilerin eleştirel düşünme ve karar verme becerilerini geliştirmelerine katkıda bulunur. Fen bilimleri eğitiminin bir diğer önemli amacı da, öğrencileri fen bilimleri ile ilgili alanlarda kariyer yapmaya teşvik etmektir. Ders kapsamında yer alan bilgiler ve beceriler, öğrencilere farklı meslek dalları hakkında bilgi verir ve bu alanlarda başarılı olmaları için gerekli temel becerileri kazandırır. Sonuç olarak, fen bilimleri dersi, öğrencilere bilime dair geniş bir bakış açısı kazandırmayı, bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmeyi, çevresel ve toplumsal sorumluluk bilincini aşılamayı ve gelecekte fen bilimleri ile ilgili alanlarda kariyer yapmalarını teşvik etmeyi amaçlayan kapsamlı bir derstir (MEB, 2018, s. 9).

Fen bilimleri eğitimi, günümüz toplumunda bireylerin bilgi edinme, problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmeleri için oldukça önemlidir. Bu dersin temel amaçları, Türkan (2010) ve Şenocak (2018) tarafından da vurgulandığı gibi, sadece ezberden öte, bilimin işleyişini ve doğasını kavramaya odaklanmaktadır. Fen bilimleri dersinin genel amaçları şu şekilde sıralanabilir (Türkan, 2010; Şenocak, 2018):

- *Bilimsel Bilgi Edinme:* Öğrencilere, evrenin temel işleyişini ve çeşitli bilim dallarına ait temel kavramları kazandırmak.
- *Bilimsel Düşünme Becerilerini Geliştirme:* Hipotez kurma, deney tasarlama, veri toplama ve analiz etme gibi bilimsel araştırma yöntemlerini uygulamayı öğretmek.
- *Yaratıcı Düşünmeyi Teşvik Etme:* Bilimsel bilginin yeni ürünler ve fikirler geliştirmek için kullanılabileceğini göstermek.
- *Olumlu Tutum Oluşturma:* Öğrencilerde fen bilimlerine ve araştırmaya karşı merak, ilgi ve motivasyon uyandırmak.
- *Bilimsel Gelişmeleri Takip Etme:* Bilimsel haber ve makaleleri analiz etme ve yorumlama becerilerini kazandırmak.
- *Eleştirel Düşünmeyi Sağlama:* Bilimsel bilginin kaynağını ve güvenilirliğini sorgulama becerilerini geliştirmek.
- *Problem Çözme Becerilerini Geliştirme:* Bilimsel yöntemleri kullanarak problemleri çözme ve alternatif çözümler üretme becerilerini kazandırmak.

- *Araştırma Becerilerini Geliştirme*: Bilgiyi araştırma, organize etme ve sunma becerilerini kazandırmak.
- *Sorgulama Becerilerini Geliştirme*: Merak duygusunu teşvik ederek, öğrencileri sorular sormaya ve cevaplar aramaya teşvik etmek.
- *Üst Düzey Düşünme Becerilerini Geliştirme*: Analiz etme, sentezleme ve değerlendirme gibi bilişsel becerileri geliştirmek.

Fen bilimleri dersi öğretim programı (2013), fen okuryazarlığına sahip bireylerin, çevrelerindeki olayları anlamak amacıyla bilimsel süreç becerilerini etkin bir şekilde kullandıklarını belirtmektedir. Bu bireyler ayrıca teknolojiyi de yaratıcı bir şekilde kullanarak, sorgulama ve problem çözme becerilerini geliştirmektedirler (s. 1). Fen okuryazarlığı, bireyin olgu ve olaylara karşı kendi bilimsel bakış açısını oluşturmasını ve bunları eleştirel bir şekilde değerlendirmesini sağlar (Anders vd., 2018, s.176). Bu amaçla, fen bilimleri dersinde öğrenci merkezli öğretim yöntemlerine öncelik verilmeli ve öğrencilerin öğrenme sürecine katılımları desteklenmelidir (Şenocak, 2018, s. 14). Bu nedenle, fen bilimleri dersinin rehberi olan mevcut öğretim programı, yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı ve sorgulamaya dayalı öğretim gibi yenilikçi yaklaşımları öne çıkarmaktadır (Yılmaz, 2017, s. 5).

Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı, fen öğretiminde öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılımını sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde, fen kavramlarının kalıcı öğrenilmesi için öğrencilerin yeni bilgileri önceden sahip oldukları bilgilerle doğru bir şekilde ilişkilendirmeleri gerekmektedir (Çepni, Taş ve Köse, 2006, s. 193). Bu nedenle, öğrencilerin öğrenme ortamına getirdikleri önbilgilerinin niteliği, öğrenme başarısını etkileyen önemli bir faktördür. Öğretmenler, öğrencilerin konuyla ilgili önbilgilerini belirleyerek, dersin akışını buna göre planlamalıdır. Ayrıca, öğrencilerin ilgi ve ihtiyaçlarına uygun bir şekilde dersi tasarlayarak, onlara küçük birer bilim insanı gibi hissettirerek, öğrenme motivasyonlarını yükseltmelidir (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003, s. 103). Bu sayede, öğrenciler dersi sevecek, olumlu bir tutum sergileyecek ve kendilerinin keşfettiği bilgileri günlük yaşamda farklı durumlara uygulayabileceklerdir (Şenocak, 2018, s. 7). Deneyimleyen, sorgulayan, araştıran, yani fen bilimleri dersinin doğasını anlayabilen bir birey, bilim ve teknoloji çağında yaşadığı toplumun gelişimine katkıda bulunabilir ve ekonomik, sosyal ve kültürel açılardan bağımsız bir millet oluşmasına yardımcı olabilir (Köksal, 2019, s. 7).

2.2. Fen Öğretiminde Laboratuvarların Rolü ve Önemi

İnsanlık tarihi boyunca doğayı anlama ve kontrol etme çabası, bilimsel bilginin gelişimini hızlandırmıştır. Bu süreçte laboratuvarlar, fen bilimleri eğitiminin temel yapı taşlarından biri olarak öne çıkmıştır. Kontrollü ortamlarda yapılan deneyler, öğrencilerin soyut kavramları somut deneyimlerle ilişkilendirmesine, gözlem ve problem çözme becerilerini geliştirmesine olanak tanır (Tekbıyık ve Ercan, 2015; Keskin Geçer, 2018). Böylece öğrenciler, teorik bilgileri günlük hayata aktararak bilimsel düşüncüyü benimserler (Yavuz ve Akçay, 2017). Literatür taramaları, laboratuvar uygulamalarının öğrenci başarısı üzerindeki olumlu etkisini desteklemektedir (Böyük vd., 2010; Çepni ve Keleş, 2006). Bu sayede öğrenciler sadece akademik başarılarını artırmakla kalmaz, aynı zamanda merak duygularını, eleştirel düşünme ve problem çözme yeteneklerini de geliştirirler (Yazıcı ve Kurt, 2018).

Fen laboratuvarları;

- Bilimsel uygulamaların gerçekleştirildiği, öğrenme amaçlarına uygun olarak tasarlanmış alanlar veya sınıflardır.
- Bu ortamlarda, öğrencilere sunulan materyal veya gösteriler aracılığıyla, öğrenilecek konu veya kavram doğrudan ve yapay bir şekilde aktarılır.
- Etkili bir fen öğrenimi, uygulama yaparak, deneyim kazanarak ve inceleme-gözlem yaparak sağlanır.

Laboratuvar araştırmaları, bilimsel eğitimde uzun yıllardır kullanılan ve öğrencilerin bilime dair anlayışlarını geliştirmede önemli rol oynayan bir yöntemdir. Bu araştırmalar, sadece teorik bilgilerin pekiştirilmesi değil, aynı zamanda bilimsel araştırma becerilerinin kazanılması ve problem çözme yeteneğinin geliştirilmesi açısından da oldukça önemlidir (Brown ve Atkins, 1997).

Fen bilimleri, gözlem, deney ve hipotez test gibi bilimsel yöntemlerle doğayı ve evreni anlamaya çalışan disiplinler bütünüdür. Bu disiplinlerde öğrencilerin deneyimle öğrenmesi, kavramları daha iyi anlamalarını ve bilimsel düşüncüyü geliştirmelerini sağlar (İdin ve Aydoğdu, 2016). Temiz ve Kanlı (2005), deneylerin öğrencilerin bilgi ve beceri düzeylerini artırdığını göstermiştir. Laboratuvar ortamı, öğrencilerin hem zihinsel hem de pratik becerilerini geliştirirken, problemleri çözme ve bilimsel süreçleri anlama yeteneklerini de güçlendirir (Güneş vd., 2013). Bu sayede öğrenciler, birinci elden deneyimle bilgi edinerek, bilimsel düşüncüyü içselleştirirler (Yazıcı ve Kurt, 2018).

Fen bilimleri laboratuvarları, öğrencilerin deneysel becerilerini geliştirme açısından büyük önem taşır (Aydoğdu ve Ergin, 2010). Ancak, bu ortamlarda yaşanan kazalar, güvenlik konusunun önemini bir kez daha ortaya koymaktadır (Hill vd., 2019). Laboratuvar güvenliği, deney öncesi hazırlık, doğru ekipman kullanımı ve acil durum planlaması gibi faktörlere bağlıdır. Özellikle Türkiye'de yaşanan kazalar, bu konuda daha dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir (Tepe ve Tekbıyık, 2019). Laboratuvar güvenliği sadece kazaları önlemekle kalmaz, aynı zamanda deneylerin verimliliğini artırır ve öğrenme motivasyonunu destekler (Kaçar vd., 2021). Bu nedenle, öğrencilere laboratuvar kuralları ve güvenlik sembolleri hakkında detaylı bilgi verilmeli, deneyler sırasında dikkatli olunmalı ve olası risklere karşı önlem alınmalıdır. Laboratuvar güvenliği açısından alınması gereken bazı önlemler aşağıda verilmiştir (Kaçar vd., 2021):

1)Tüm laboratuvar çalışanlarının, güvenlik bilincini her aşamada göstermesi ve laboratuvar kurallarına titizlikle uyması esastır.

2)Düzenli ve temiz bir laboratuvar ortamı, kazaları önlemede önemli bir rol oynar.

3)Laboratuvar malzemeleri ve kaynakları, israf edilmeden ve ihtiyaç duyulan miktarlarda kullanılmalıdır.

4)Elektrik, su ve ısı gibi altyapı unsurlarının düzenli olarak kontrol edilmesi ve bakımının yapılması gereklidir.

5)Laboratuvar ekipmanları, işin amacına uygun olarak seçilmeli ve doğru kullanılmalıdır.

6)Öğrencilere laboratuvar ekipmanları ve güvenlik hakkında yeterli bilgi verilmeli ve bilinçli çalışma alışkanlığı kazandırılmalıdır.

7)Tehlikeli durumlar gecikmeden ilgili personele bildirilmelidir.

8)İşaretleme: Laboratuvar, güvenliği sağlayacak şekilde düzenlenmeli ve tehlikeli durumları

9)Tehlikeli maddeler güvenli bir şekilde saklanmalı ve yasal düzenlemelere uygun olarak bertaraf edilmelidir.

Fen bilimleri eğitiminde laboratuvar uygulamalarının, öğrencilerin bilimsel süreçleri deneyimlemeleri, araştırma becerilerini geliştirmeleri ve bilgiyi daha kalıcı hale getirmeleri açısından büyük önemi vardır. Ancak, laboratuvarların etkili bir şekilde kullanılabilmesi için bazı önemli noktalara dikkat edilmelidir.

- Laboratuvarlar, öğrenci sayısına uygun büyüklükte olmalı ve gerekli tüm araç gereçlerle donatılmalıdır.
- Laboratuvar ortamı, öğrencilerin güvenliği için düzenli olarak kontrol edilmeli ve tehlikeli maddeler uygun şekilde depolanmalıdır.
- Düzenli bir laboratuvar ortamı, hem öğrencilerin verimli çalışmasını hem de güvenliğini sağlar.
- Öğretmenler, laboratuvar çalışmalarını önceden planlamalı ve öğrencilerin seviyesine uygun deneyler seçmelidir.
- Öğretmenler, laboratuvar ortamında güvenli bir çalışma ortamı oluşturmali ve öğrencilere gerekli bilgileri vermelidir.
- Öğrencilerin çalışmalarını takip etmeli, onları motive etmeli ve desteklemelidir.
- Öğrenciler, laboratuvar çalışmalarına hazırlıklı gelmeli ve deneylerle ilgili ön bilgilerini tekrar etmelidir.
- Deneyleri dikkatle takip etmeli, gözlemlerini kaydetmeli ve sonuçlarını analiz etmelidir.

Bununla birlikte, laboratuvar çalışmalarının yeterli bir şekilde gerçekleştirilememesinin de bazı nedenleri vardır. Bu nedenler şunlardır (Kaya ve Büyük, 2011):

- Laboratuvarın fiziksel ortamının yetersiz olması
- Laboratuvar malzemelerinin eksik veya eski olması
- Laboratuvar çalışmasına yeterli zaman ayrılmaması
- Öğretmenin laboratuvar çalışmasına yeterli önem vermemesi
- Öğretmenin laboratuvar çalışması için yeterli bilgi ve beceriye sahip olmaması
- Öğrencilerin laboratuvar çalışmasına ilgi ve motivasyonunun düşük olması

2.2.1. Fen Eğitiminde Laboratuvar Kullanımının Amaçları

Fen bilimleri eğitiminin önemli bir bileşeni olan laboratuvar çalışmaları, soyut kavramları somut deneyimlerle pekiştirerek öğrencilerin bilimsel bilgi ve becerilerini geliştirmelerine katkıda bulunur. Bu çalışmalarda kullanılan çeşitli etkinlikler, farklı amaçlara hizmet ederek öğrencilerin bilime dair bakış açılarını ve tutumlarını şekillendirmede önemli rol oynar. Çepni ve ark. (2005) tarafından belirtilen fen bilimleri

laboratuvar etkinliklerinin temel amaçları, güncel bir bakış açısıyla şu şekilde yeniden değerlendirilebilir:

1)Laboratuvar alışmaları, öğrencilerin bilimin temel ilkelerini ve işleyişini kavramasına olanak tanır. Deneyler aracılığıyla hipotez kurma, veri toplama, analiz etme ve yorumlama becerileri geliştirilir. Bu sayede öğrenciler, bilimsel bilginin nasıl üretildiğini ve doğrulanabildiğini anlarlar.

2)Deneyler, ğrencilere karmaşık problemleri analiz etme, çözüm stratejileri geliştirme ve bu stratejileri uygulama becerilerini kazandırır. Bu süreçte, eleştirel düşünme, yaratıcı düşünme ve karar verme becerileri de pekiştirilir.

3)Laboratuvar uygulamaları, soyut bilimsel kavramları günlük yaşamla ilişkilendirir. Öğrenciler, deneyler aracılığıyla çevrelerindeki olayları ve olguları gözlemleme, araştırma ve açıklama becerilerini geliştirirler. Bu sayede bilimsel bilginin pratik hayattaki önemini kavrarlar.

4)Deneyler, ğrencilerin laboratuvar ekipmanlarını kullanma, veri toplama ve analiz etme tekniklerini öğrenmelerine olanak tanır. Bu sayede bilimsel araştırma yapma becerileri gelişir ve bilimsel disiplinin gerektirdiği titizlik ve doğruluk kavramları pekiştirilir.

5)Verileri analiz etme ve yorumlama becerileri, öğrencilerin eleştirel düşünme ve problem çözme yeteneklerini geliştirir. Deneylerden elde edilen bulguları genelleme ve soyut kavramlara ulaşma becerisi ise bilimin temelini oluşturur.

6)Laboratuvar alışmaları, öğrencilerin bilimsel keşiflere ve araştırmalara ilgi duymalarını sağlar. Bilim insanlarının çalışma yöntemlerini ve bulgularını deneyimlemeleri, bilime karşı heyecan ve merak duygularını artırır.

7)Deney sonuçlarının raporlanması ve sunulması aşaması, öğrencilerin iletişim ve sunum becerilerini geliştirmelerine katkıda bulunur. Verileri tablolar, grafikler ve raporlar aracılığıyla düzenli ve açık bir şekilde sunma becerisi kazanırlar.

8)Deneyler, bilimsel bilginin statik olmadığını ve sürekli geliştiğini gösterir. Öğrenciler, yeni bulgular ve deneyler ışığında teorilerin ve modellerin değişebileceğini anlarlar. Bu sayede bilimsel bilginin dinamik yapısını kavrarlar.

9)Laboratuvar alışmaları, öğrencilerin bilimsel araştırmaya ve keşfe yönelmelerini teşvik eder. Bilimsel sorgulama becerilerini geliştirmeleri ve problem çözme yeteneklerini pekiştirmeleri, onları gelecekteki bilim insanları olma yolunda motive eder.

Laboratuvar çalışması, öğrencilerin psikomotor yeteneklerini geliştirmelerine ve bilimsel keşiflerin heyecanını yaşamalarına katkıda bulunur. Ayrıca öğrencilerin konulara daha fazla ilgi göstermelerini, daha hızlı ve kolay öğrenmelerini sağlar. Fen eğitiminde laboratuvarın amaçları şunlardır (Yazıcı ve Kurt, 2018):

1)Deneyler, öğrencilerin veri toplama, analiz etme ve yorumlama becerilerini geliştirmelerine olanak tanır. Bu sayede, karmaşık bilgileri analiz etme, sentezleme ve bulgulara dayanarak sonuçlar çıkarma yeteneği kazanırlar.

2)Laboratuvar çalışmaları, öğrencilerin bilimsel araştırma yöntemlerini ve hipotez kurma, deney tasarlama ve veri toplama gibi adımları uygulamalarını sağlar. Bu sayede bilimsel bilginin nasıl üretildiği ve doğrulanabildiği konusunda bilgi sahibi olurlar.

3)Deneyler, bilimsel bilginin statik olmadığını ve sürekli geliştiğini gösterir. Yeni bulgular ve deneyler ışığında teorilerin ve modellerin değişebileceğini anlayan öğrenciler, bilimsel bilginin dinamik yapısını kavrarlar.

4)Doğayla iç içe geçen laboratuvar çalışmaları, öğrencilerin doğa ve biyolojiye karşı merak ve ilgi duygularını artırır. Bilimsel keşiflere ve araştırmalara yönelik heyecan ve motivasyon, bu çalışmalarla pekiştirilir.

5)Laboratuvar uygulamaları, soyut bilimsel kavramları günlük yaşamla ilişkilendirir. Öğrenciler, deneyler aracılığıyla çevrelerindeki olayları ve olguları gözlemleme, araştırma ve açıklama becerilerini geliştirirler. Bu sayede bilimsel bilginin pratik hayattaki önemini kavrarlar.

6)Deneyler, teorik bilgilerin günlük yaşamda nasıl kullanılabileceğini somut bir şekilde gösterir. Bu sayede öğrenciler, bilimsel bilginin pratik faydalarını anlar ve günlük hayatlarında nasıl uygulayabileceklerini öğrenirler.

7)Deney tasarlama ve problem çözme gibi aşamalar, öğrencilerin yaratıcı düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine katkıda bulunur. Yeni fikirler üretme ve farklı bakış açıları kazanma becerisi, bu çalışmalarla pekiştirilir.

8)Laboratuvar çalışmaları, öğrencilerin karmaşık problemleri analiz etme, çözüm stratejileri geliştirme ve bu stratejileri uygulama becerilerini kazandırır. Bu sayede eleştirel düşünme, yaratıcı düşünme ve karar verme becerileri de pekiştirilir.

9)Deneyler, öğrencilerin laboratuvar ekipmanlarını kullanma, veri toplama ve analiz etme tekniklerini öğrenmelerine olanak tanır. Bu sayede bilimsel araştırma yapma

becerileri gelişir ve bilimsel disiplinin gerektirdiği titizlik ve doğruluk kavramları pekiştirilir.

10) Laboratuvar çalışmaları, ezberci bir eğitim anlayışından öte, uygulama ve pratik becerilere odaklanır. Teorik bilgilerin somut deneyimlerle pekiştirilmesi, öğrencilerin kalıcı öğrenmelerini ve bilimsel bilginin pratik hayattaki önemini kavramalarını sağlar.

2.2.2. Fen Eğitiminde Laboratuvar Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler

Laboratuvar çalışması, farklı amaçlar ve yöntemlerle gerçekleştirilebilen bir etkinliktir. Deneylerin tasarımı ve uygulanması, sonuçların doğruluğunu ve geçerliliğini etkileyebilir. Laboratuvar çalışma yöntemleri, öğrencilerin sınıfta öğrendikleri kavramları uygulamalarını veya yeni bilgiler üretmelerini sağlayabilir. Laboratuvar yöntemleri, kendilerine özgü nitelikleri olan beş ana gruba ayrılabilir (Keskin Geçer, 2018):

1. Doğrulama veya çıkarım: Öğrencilerin, önceden verilen hipotezleri veya kuramları test etmelerini veya desteklemelerini içerir.

2. Tümevarım: Öğrencilerin, deney verilerinden yola çıkarak hipotez veya kuram oluşturmalarını içerir.

3. Bilimsel süreç yeterliliği: Öğrencilerin, bilimsel araştırmanın temel aşamalarını (soru sorma, hipotez kurma, deney tasarlama, veri toplama, analiz etme, sonuç çıkarma, raporlama) uygulamalarını içerir.

4. Teknik yeterlilik: Öğrencilerin, laboratuvar ekipmanlarını, malzemelerini ve tekniklerini kullanma becerilerini geliştirmelerini içerir.

5. Araştırma yeterliliği: Öğrencilerin, kendi araştırma sorularını belirleyip, bağımsız olarak deney yapmalarını ve sonuçlarını paylaşmalarını içerir.

Laboratuvar çalışmalarında doğrulama ve çıkarım, en sık başvurulan yöntemlerdir. Bu yöntemler, kavram, ilke ve yasa gibi soyut bilgileri somut örneklerle desteklemeyi amaçlar. Öğretmenler, genelde derslerine ana fikirleri tartışma ve okuma yoluyla sunarak başlarlar. Laboratuvar çalışması ise, bir konuyu somut etkinliklerle pekiştirmek ve fikirlerin doğruluğunu test etmekle ilgilidir. Mesela, biyoloji öğretmenleri, bakteri hücrelerinin çeşitliliğini göstermek için tümdengelim yöntemini kullanabilirler; önce çubuk, sarmal ve küre şeklindeki hücreler hakkında konuşur, sonra öğrencilerin

mikroskopla farklı bakteri formlarını gözlemlediği bir laboratuvar çalışması yaparlar. Fizik öğretmenleri, ışık kaynağı ile alıcısı arasındaki uzaklık arttıkça ışık şiddetinin nasıl azaldığını göstermek için doğrulama laboratuvarı yöntemini kullanabilirler. Bu laboratuvarlar, öğrencilere genellikle bir formül verir ve bu formüllerin tahtada bir örnek ile nasıl açıklanabileceğini gösterir. Doğrulama laboratuvarları, öğrencilerin matematiksel modelleri kabul etmelerine ve anlamalarına yardımcı olur. Ayrıca, birçok fizik ve kimya kavramı, ilke ve yasası, laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen matematiksel formüllerle daha iyi anlaşılır. Bu yöntem, tımdengelim yöntemiyle uyumludur. Konu önce öğretmen tarafından anlatılır ve ardından laboratuvar etkinlikleriyle fikrin geçerliliği sınanır. Öğrenciler, ilk defa teorik olarak sunulan formülleri anlamayabilirler. Ancak bu formüller, verileri analiz etmek ve yasaları doğrulamak için kullanıldığında anlam kazanır. Doğrulama laboratuvarları, öğrencilere yapılar ve olumlu nitelikler sunar. Bu yöntem, öğrencilerin ne yapmaları gerektiğini ve beklentilerini netleştirir. Özellikle ortaokul öğrencileri, belirsiz görevlere katlanmak istemezler ve laboratuvar çalışmalarında ne üzerine çalıştıklarını bilmek isterler. Bu nedenle doğrulama laboratuvarları, önceden belirlenmiş yöntemlerle veri toplamayı ve istenen sonuçlara ulaşmayı sağlar (Keskin Geçer, 2018).

2.3. Fen Bilimlerinde Kullanılan Laboratuvar Türleri

Eğitim alanındaki yenilikler, laboratuvar çeşitliliğini de artırmıştır. Laboratuvarlar, kullanılan deney araçlarına bağlı olarak; gerçek ya da sanal olarak ayrılmaktadır (Wuttke, Henke ve Ludwig, 2005).

2.3.1. Geleneksel Laboratuvarlar

Gerçek deneylerin yapılabilirdiği, geleneksel laboratuvar materyallerinin somut olarak algılanabildiği mekânlara laboratuvar denir. Bu mekânlarda, tıp, eczacılık, fizik, kimya gibi temel bilim alanlarına yönelik araştırmalar ve deneyler, çeşitli araçlar kullanılarak ayrıştırma ve birleştirme (analiz-sentez) yöntemiyle gerçekleştirilir (TDK, 2019). Laboratuvarlarda deney yapan öğrenciler, hipotez oluşturma, hipotez test etme, sonuç çıkarma ve sonuçları kuramsal bilgilerle bağdaştırma gibi zihinsel becerileri gerektiren faaliyetlerde yer alırlar. Ayrıca, deney düzeneği kurma, ölçüm yapma gibi işlemlerle de el becerilerini kullanarak bedensel faaliyetlere katılırlar ve psikomotor

becerilerini geliştirirler (Tanel ve Tanel, 2010). Literatürde, gerçek laboratuvarın faydaları ve sınırlılıkları üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur.

Gerçek laboratuvarlar olarak da adlandırılan geleneksel laboratuvarların faydaları literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Baş, 2022; İçelli vd., 2007; Şeker, 2011). Bu faydalar arasında;

- Öğrencilerin motivasyonunun ve derslere olan ilgisinin artması
- Öğrencilerin deneylere aktif katılımı sayesinde edindikleri bilgileri farklı alanlara transfer etmelerinin kolaylaşması
- Öğrencilerin merak duygusunun gelişmesi
- Yaparak ve yaşayarak öğrenmenin bilgilerin kalıcılığını ve etkinliğini artırması
- Çoklu duyuşal öğrenme imkanı sağlaması
- Öğrencilerin sorumluluk bilincinin gelişmesine katkı sağlaması
- İşbirlikçi veya grup çalışması ortamının sosyal becerileri ve iletişim becerilerini geliştirmesi
- Araştırma, sorgulama, deneme-yanılma süreçlerinin öğrencileri ezberden uzaklaştırması
- Günlük hayatla ilişkilendirilebilir bilgiler sunması şeklinde sıralanabilir.

Gerçek laboratuvar ortamlarında yapılan alan yazı çalışmaları, bazı dezavantajlar içermektedir. Bu dezavantajlar, literatürde şu şekilde belirtilmiştir (Dalgarno, vd., 2003; İçelli, vd., 2007; Taşkın, 2008; Şeker, 2011; Baş, 2022):

- Laboratuvar ekipmanlarının yüksek maliyeti
- Özgüveni düşük ve sosyal becerileri gelişmemiş öğrencilerin zorluk çekmesi
- Ders müfredatının gerçek laboratuvarlarda deney yapılacak zaman bırakmaması
- Laboratuvar ekipmanlarından bazı kimyasal maddelerin öğrenciler tarafından istismar edilmesi ya da yanlış kullanılması

2.3.2. Sanal Laboratuvarlar

Fen Bilimleri dersi, sınıfların kalabalık olması, zamanın ve olanakların kısıtlı olması nedeniyle eski yöntemlerle verilmektedir. Fakat Fen Bilimleri dersinde, öğrencilerin kavraması güç olan, ezberleyerek öğrenmesi zor olan konular mevcuttur. Ezber ve eski yöntemler, Fen Bilimleri dersinin öğrenilmesini engelleyen faktörlerdir (Polat ve Tekin 2013).

Gerçek laboratuvar ortamlarında karşılaşılan teknik sorunlar, deneylerin riskli olması veya bazı dış etkenler nedeniyle deney yapmanın mümkün olmaması veya çok uzun sürmesi, Fen Bilimleri alanında web tabanlı uygulamaların tercih edilmesinin nedenlerindendir. Web tabanlı uygulamalar, öğrencilere bireysel öğrenme temposuna uygun olarak istedikleri kadar tekrar yapabilme fırsatı sunarak, bilgisayar destekli laboratuvarların avantajlarını sağlar (Ercan vd., 2016).

Bilgisayarların düşük maliyetli, ağlarla bağlantılı ve çok amaçlı olması, gerçek laboratuvarlara ihtiyaç duymadan sanal laboratuvar ortamları kurulmasını mümkün kılmıştır. Bu durum, sanal laboratuvarların kullanımını artırmıştır (Akın ve Karaköse, 2003; İnce ve Kutlu, 2016).

Algodoo yazılımı, öğretmenlerin kodlama becerisine ihtiyaç duymadan fizik konularında interaktif deneyler gerçekleştirmelerine olanak tanıyan bir fen bilimleri eğitim aracıdır. Bu yazılım, özel bir programlama dili gerektirmediği ve öğrencilerin kendi öğrenme hızlarına uygun olarak sınırsız sayıda tekrar yapabildikleri için çok faydalıdır (da Silva vd., 2014). Ayrıca, bu yazılım ücretsizdir ve iki boyutlu bir simülasyon ortamı sunmaktadır. Algodoo, öğrencilerin fizik kavramlarını eğlenerek ve ilgi duyarak öğrenmelerini ve hipotezlerini deneyerek test etmelerini sağlar. Bunun yanı sıra, kimya ve biyoloji deneyleri için de uygundur (Özer vd., 2016).

Moleküler yapıların soyut formüllerle değil, üç boyutlu modeller ve bilgisayar yazılımları aracılığıyla öğrenilmesi kimya alanında bir yöntemdir. Bu yöntem sayesinde, öğrenciler meslek hayatlarında kullanabilecekleri araştırma becerilerini edinirler. Rasmol, Cabridge, HyperChem gibi modelleme yazılımları, farklı amaçlar ve bilgisayarlar için uygun olup, kolayca ulaşılabilir durumdadır. Kuzey Colorado Üniversitesi, genel kimya derslerinde bu modelleme yöntemini uygulamaktadır (Jones, 1996).

Chemlab, bilgisayar ortamında kurulan ve gerçekçi bir sanal laboratuvar sunan bir uygulamadır (Bayrak vd., 2009; Kutluer, 2008). Kimya derslerinde yapılması riskli olan çeşitli tepkimeler, laboratuvar koşullarında büyük bir özen ister. Bu deneyleri bilgisayar ortamında gerçekleştirmek, muhtemel tehlikeleri bertaraf eder. Chemlab ile hazırlanan sanal laboratuvarlarda bu tür deneyleri yapmak, hem zaman hem de maliyet açısından avantajlıdır. (Bayrak vd., 2009; Kutluer, 2008). BİYO-LAB-WEB yöntemi ise, gerçek laboratuvar uygulamalarına kıyasla daha verimli sonuçlar ortaya koymakta ve öğretmen

adaylarının görüşlerine göre de dersle ilgili olumlu tutum geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Ürey ve Aydın, 2014).

Bilgisayar destekli modelleme, bilimin ve mühendisliğin birçok disiplininde yaygın olarak kullanılan güçlü bir öğrenme aracıdır. Bu araçlar, öğrencilerin karmaşık kavramları görselleştirmelerine, soyut fikirleri somutlaştırma ve test etmelerine ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine olanak tanır. Özellikle moleküler modelleme, öğrencilerin moleküler yapılar ve etkileşimler hakkında derin bir anlayış geliştirmelerine yardımcı olabilir. Bir araştırmaya göre, moleküler modelleme yazılımı kullanan öğrenciler, farklı öğrenme stratejileri kullanarak başarılarını artırabilirler. Başarılı öğrenciler, modelleme sürecinde aktif rol alarak, yeni ve eski bilgiler arasında bağlantılar kurar, kendi anlama düzeylerini takip eder, eksik bilgileri tamamlar ve mevcut bilgileri organize ederek analiz ederler (Jones, 1996). Bilgisayar destekli modelleme yazılımları, öğrencilerin bilişsel öğrenme stillerini geliştirmelerine de yardımcı olabilir. Bu yazılımlar, öğrencilerin kendi hızlarında ilerlemelerine, farklı bakış açılarını keşfetmelerine ve hatalarından ders almalarına olanak tanır. Başarılı öğrenciler, bu yazılımları kullanarak daha aktif ve daha derinlemesine öğrenme deneyimleri yaşarlar (Akgün, 2005; González, Arranz, Portales, Tamayo ve González, 2001).

Sanal laboratuvar uygulamalarının eğitim alanında sağladığı çok yönlü avantajlar literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır. Sanal sistemler, okul ve üniversite düzeyinde yüksek standartlarda eğitim organizasyonu için maliyet etkin ve çok kullanıcılı çözümler sunmaktadır. Aynı sanal ekipman, birden fazla öğrenci tarafından eş zamanlı olarak kullanılabilir. Öğrenciler, ihtiyaç duydukları malzemeleri aramakla vakit kaybetmeden kendilerini rahat hissedebilmektedir. Sistem ayarlarında esneklik sağlanmakta, gerçek sistemlerde değiştirilmesi zor olan parametreler sanal laboratuvarlarda kolaylıkla ayarlanabilmektedir. Sanal ortamda, çarpma, kırılma, dökülme gibi durumlar tolere edilmekte, böylece öğrenciler hata yapma korkusu olmadan deneyim kazanabilmektedir. Ayrıca, iç mekanizmayı gözlemleme imkânı verilmekte, örneğin robotik bir sistemde motor, dişli kutusu, rotor, stator, dişli ve diğer aktarma elemanlarını (kayış, mil vb.) görüntüleyip inceleyebilmektedir. Bu sayede, deney sürecini kavramak için harcanan zaman azalmakta, öğrenciler deneye daha çok odaklanabilmektedir (Dalgarno vd. 2003; Potkonjak vd. 2016).

Sanal laboratuvar uygulamaları, fen eğitiminde öğrencilerin akademik başarılarını yükseltmeye yardımcı olur. Öğrencilerin kavramları etkin bir şekilde öğrenmeleri ve derslere olumlu tutum sergilemeleri için sanal laboratuvarlar faydalı bir araçtır. Sanal laboratuvarlarda, gerçek hayatta uzun zaman alan etkinlikler kısa sürede tamamlanabilir, deney sürecinde atlanan veya gözden kaçan noktalar daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilir (Karagöz Mircik ve Saka 2018). Sanal laboratuvarlar, makine, teçhizat ve karmaşık araç gereç ihtiyacını ortadan kaldırarak, maliyetli araçlara bağımlı olmadan, fiziksel ortamın sınırlamalarından kurtularak anlaşılması kolay deneyler yapma imkanı sunar. Sanal laboratuvarlar, hem tek başına hem de gerçek deneylere hazırlık amacıyla kullanılabilir (Kiraz, 2014).

Sanal laboratuvarlar, bilgisayar teknolojisi kullanılarak tasarlanan ve gerçekleştirilen deney ortamlarıdır. Bu ortamlar, geleneksel laboratuvarlara kıyasla çeşitli avantajlar sunmaktadır. Örneğin, sanal laboratuvarlar, maliyet, zaman, güvenlik, erişim, ölçeklenebilirlik, tekrarlanabilirlik ve geri bildirim gibi açılardan daha etkili ve verimli olabilmektedir (Bozkurt, 2008; Çinici vd., 2013; Kartal, 2017; Kutluer, 2008; Şeker, 2011).

- **Maliyet verimliliği:** Sanal laboratuvarlar, laboratuvar araç ve gereçlerinin satın alınması, bakımı ve depolanması gibi maliyetleri ortadan kaldırır. Ayrıca, simülasyonlar zaman ve mekan kısıtlaması olmadan tekrar edilebilir. Bu sayede, gerçekçi bir öğrenme deneyimi sunarken, maliyet açısından da ekonomik olur.

- **Kullanılabilirlik:** Sanal laboratuvarlar, bilgisayarların olduğu her yerde kurulabilir ve erişilebilir. Bu da öğrencilerin ve öğretmenlerin esneklik ve kolaylık sağlar.

- **Etkin öğrenme:** Sanal laboratuvarlar, laboratuvarlarda karşılaşılabilecek birçok sorunu ortadan kaldırır. Örneğin, ölçüm verilerini elle kaydetmek, aynı işlemleri tekrar tekrar yapmak gibi sıkıcı ve zaman alıcı prosedürlerle uğraşmak gerekmez. Böylece, öğrenciler daha çok sonuçları analiz etmeye ve tartışmaya odaklanabilir. Bu da öğrenmenin kalitesini ve anlaşılabilirliğini artırır.

- **Güvenlik:** Sanal laboratuvarlar, laboratuvar malzemeleriyle doğrudan teması azaltarak, gerçek laboratuvarlarda meydana gelebilecek kazaları ve riskleri önler.

- **İdari faydalar:** Sanal laboratuvarlar, çevrimiçi hizmetler aracılığıyla, kayıt tutma, geri bildirim verme gibi değerlendirme işlemlerinde öğretmenlere yardımcı olur. Bu da kağıt kullanımını azaltır ve verimliliği artırır.

Sanal laboratuvar uygulamalarının bu ve benzeri avantajlarına rağmen, bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

- **Zaman ve maliyet faktörleri:** Simülasyonlar, sistem karmaşıklığı arttıkça, geliştirilmesi ve uygulanması daha çok zaman ve maliyet gerektiren modellerdir. Bu da simülasyonların verimliliğini ve etkinliğini azaltabilir.

- **Çözüm üretme kapasitesi:** Simülasyonlar, her zaman konuyla ilgili etkili bir çözüm sunamayabilir. Bazı durumlarda, simülasyonlar gerçekliği tam olarak yansıtmayabilir veya beklenen sonuçları vermeyebilir.

- **Genel geçerlik:** Simülasyonlar, genellikle tek bir kazanıma yönelik olarak hazırlanır ve başka problemlere uyarlanması zor olabilir. Bu da simülasyonların genel geçerliğini ve kullanılabilirliğini sınırlar.

- **Deney araç gereçleriyle etkileşim:** Simülasyonlar, öğrencilerin deney araç gereçlerini kullanma ve tanıma becerilerini geliştirmelerine engel olabilir. Öğrenciler, gerçek laboratuvar ortamında karşılaşabilecekleri zorlukları ve fırsatları simülasyonlarda yaşayamayabilir.

- **El becerisi:** Simülasyonlar, öğrencilerin el becerisi kazanmalarına katkıda bulunmayabilir. Öğrenciler, simülasyonlarda sadece bilgisayar kullanarak deney yaparlar ve gerçek laboratuvar malzemeleriyle çalışma deneyimi edinemezler.

Simülasyonlar bu kısıtlarına ilave olarak gerçek dünyadaki tüm faktörleri ve etkileşimleri hesaba katamaz. Bu nedenle, simülasyon sonuçları her zaman gerçeklikle örtüşmeyebilir. Bazı simülasyonlar, özellikle de karmaşık sistemleri modelleyenler, öğrenciler için zor ve kafa karıştırıcı olabilir. Bu durum, öğrencilerin simülasyonu kullanmaktan kopmalarına ve öğrenme sürecinden soğumalarına neden olabilir. Simülasyonlar hazırlamak ve kullanmak zaman ve kaynak gerektirir. Bu durum, özellikle büyük ölçekli veya karmaşık simülasyonlar için geçerlidir. Simülasyonlar, veri giriş hataları, kodlama hataları veya yanlış modelleme gibi hatalara karşı hassastır. Bu hatalar, simülasyon sonuçlarının yanlış yorumlanmasına ve öğrencilerin yanlış bilgi edinmesine yol açabilir. Simülasyonların kısıtlamalarına rağmen, Fen bilimleri eğitiminde birçok faydası da vardır. Araştırmalar, simülasyonların öğrencilerin kavramsal anlayışlarını geliştirmelerine, problem çözme becerilerini geliştirmelerine ve bilime olan ilgilerini artırmalarına yardımcı olabileceğini göstermiştir (Ercan vd., 2016; Kartal, 2017).

2.4. Fen Öğretiminde Kullanılan Sanal Laboratuvar Uygulamaları

Sanal materyallerle etkileşime girme, bunları inceleme ve kontrol etme imkanı sunan etkileşimli üç boyutlu sanal ortamlar, öğrenme-öğretme süreçlerinde önemli bir rol oynayabilir. Öğretmen gerektirmeyen sanal laboratuvarlar, fiziksel laboratuvarların simülasyon yoluyla sanal ortama taşınmasını sağlayarak, öğrencilerin etkili ve kalıcı öğrenme kazanmalarına katkıda bulunmaktadır (Winkelmann vd., 2020; Polat ve Yılayaz, 2023a).

Sanal laboratuvar etkinlikleri, öğrencilerin süreç içindeki katılımını artırmak için farklı seviyelerde olanaklar sunmaktadır. Bazı sanal laboratuvar uygulamaları, öğrencilerin sadece süreç içindeki değişimleri izlemelerine imkan verirken, bazıları ise öğrencilerin sanal ortamda bulunan araç ve gereçleri kullanmalarına ve deney koşullarını değiştirmelerine olanak tanımaktadır (Pem vd., 2021).

Sanal laboratuvar ortamları, geleneksel laboratuvar ortamının sınırlamalarını aşarak öğrencilere deney yapma imkanı sunan yenilikçi bir eğitim aracıdır. Bu ortamlar, internet üzerinden erişilebilen ve çeşitli uygulamalar içeren platformlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Model Science Software, Oxford Virtual Chemistry, Crocodile Chemistry ve irYidium Project gibi birçok sanal laboratuvar uygulaması mevcuttur. Bu uygulamalar, deney prosedürlerini simüle etme, sanal ekipmanları kullanma ve veri toplama ve analiz etme gibi çeşitli imkanlar sunmaktadır. Ancak bu sanal laboratuvar uygulamalarının bazı kısıtlamaları da bulunmaktadır. Bu kısıtlamalardan bazıları şunlardır:

- *Düşük Etkileşim Seviyesi:* Bazı sanal laboratuvar uygulamaları, kullanıcıların deneylerle sınırlı bir şekilde etkileşime girmesine izin vermektedir. Bu durum, öğrencilerin deneylerden tam olarak yararlanmalarını ve kavramları derinlemesine anlamalarını engelleyebilir.

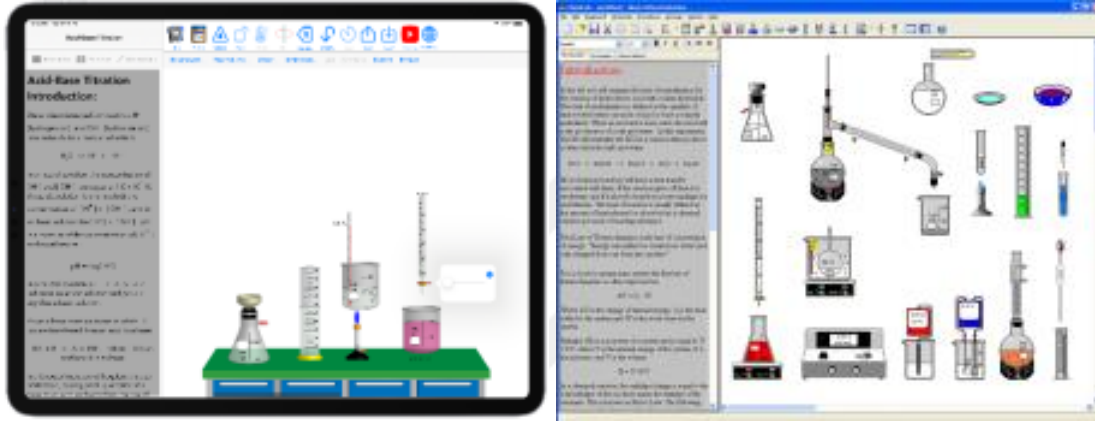
- *Gerçekçi Olmayan Üç Boyutlu Modeller:* Bazı sanal laboratuvar uygulamalarındaki üç boyutlu modeller, gerçek deney ekipmanlarını tam olarak yansıtmayabilir. Bu durum, öğrencilerin gerçek dünya deneyimlerinden kopmasına ve yanlış anlamalar yaşamasına neden olabilir.

- *Daldırma Duygusunun Yaratılamaması:* Sanal laboratuvar ortamları, geleneksel laboratuvar ortamlarının sunduğu daldırma duygusunu tam olarak sağlayamamaktadır. Bu durum, öğrencilerin motivasyonlarını ve ilgisini olumsuz etkileyebilir.

Bununla birlikte, fiziksel laboratuvar ortamını sanal ortamda birebir yansıtan ve etkileşim seviyesini artıran sanal laboratuvar uygulamaları da geliştirilmektedir. YÖK Sanal Lab ve CSU ChemLab gibi uygulamalar, bu alandaki önemli örneklerdendir. Bu uygulamalar, gerçekçi üç boyutlu modeller ve gelişmiş etkileşim seçenekleri sunarak öğrencilere daha sürükleyici bir deneyim sunmaktadır (Polat ve Yılayaz, 2023a).

Şekil 1

Model science software (https://www.modelscience.com)

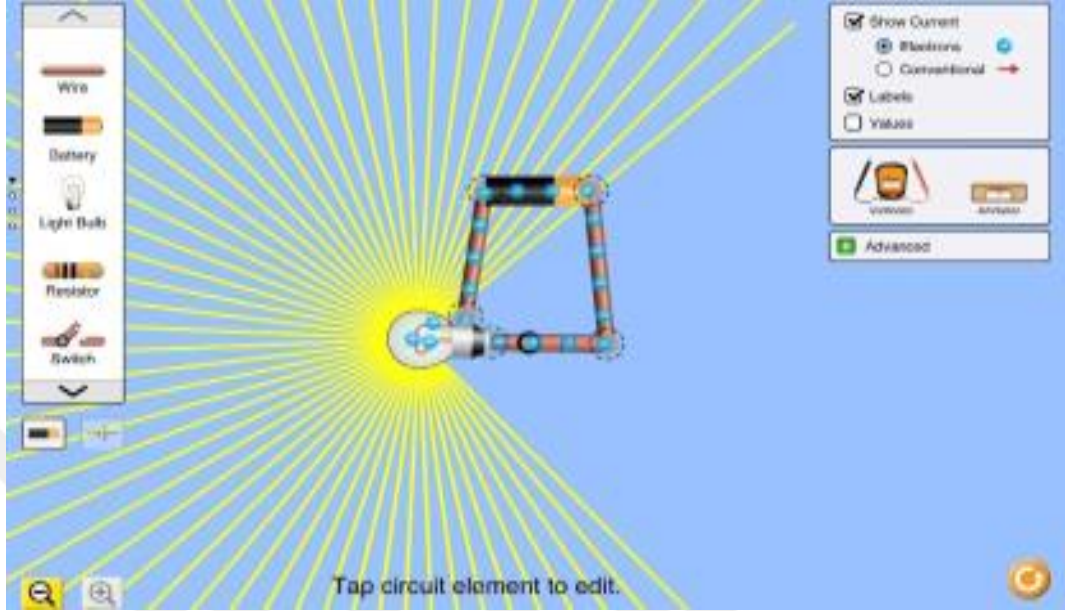


ACS (2023) tarafından belirtilen sanal laboratuvar uygulamalarından bazıları şunlardır:

PhET Interactive Simulations: Bu uygulama, Colorado Üniversitesi'nin geliştirdiği ve fen bilimleri alanında çok sayıda etkileşimli simülasyon içeren bir uygulamadır (Şekil 2).

Şekil 2

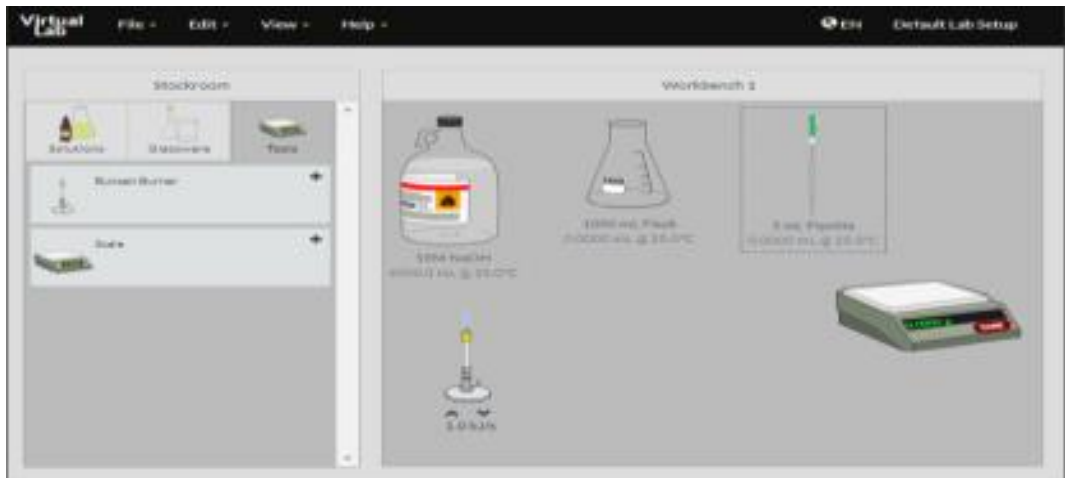
“Phet Interactive Simulations” uygulamasına ilişkin bir görünüm (Wikipedia, 2023)



MERLOT Simulation Collection: Fen bilimlerine ilişkin simülasyonların, tanımların ve kavramsal ilişkilerin yer aldığı öğrenme-öğretme sürecinde kullanılacak bir multimedya uygulamasıdır (Şekil 3).

Şekil 3

MERLOT Simulation Collection uygulamasına ilişkin bir görüntü (<https://chemcollective.org/vlab/vlab.php>)



Molecular Workbench: Uygulama, geleneksel laboratuvar deneylerinin sınırlamalarını aşarak, öğrencilere kimyasal kavramları güvenli ve erişilebilir bir şekilde keşfetme imkanı sunmaktadır. Uygulama çeşitli kimyasal sistemleri temsil eden gerçekçi simülasyonlar içerir. Öğrenciler, bu simülasyonları kullanarak reaktiflerin konsantrasyonlarını, sıcaklıklarını ve basınçlarını değiştirebilir ve kimyasal tepkimelerin sonuçlarını gözlemleyebilirler. Ayrıca uygulama, moleküllerin hareketini ve kimyasal bağları görselleştirmeye yardımcı olan moleküler modelleme araçları da sunmaktadır. Uygulamanın etkileşimli doğası, öğrencilerin aktif katılımını teşvik ederek kimyasal kavramları daha iyi anlamalarını sağlar. Gerçek zamanlı geri bildirim ve değerlendirme araçları da öğrencilerin ilerlemelerini takip etmelerine ve ek desteğe ihtiyaç duydukları alanları belirlemelerine yardımcı olur.

Chemistry Experiment Simulations and Conceptual Computer Animations: Uygulama kimyasal reaksiyonları, moleküler yapıları ve diğer kimyasal olguları temsil eden çeşitli animasyonlar ve simülasyonlar içerir. Bu görsel araçlar, soyut kavramları somut hale getirerek öğrencilerin daha iyi anlamalarını ve hatırlamalarını sağlar. Ayrıca, simülasyonlar öğrencilerin deneyleri sanal ortamda manipüle etmelerine ve sonuçları gözlemlmelerine olanak tanıyarak aktif öğrenmeyi teşvik eder. Uygulamanın içeriği, kimya müfredatına uygun olarak tasarlanmıştır ve farklı kimya derslerinde ve farklı yaş grupları için uyarlanabilir olması mümkündür. Ayrıca, uygulamanın çok dilli desteği sunması da farklı ülkelerden öğrencilerin kullanımına olanak sağlar.

Simulations for Chemistry: Uygulama kimyasal reaksiyonlar, gaz yasaları, elektrokimya ve diğer kimya konularını kapsayan geniş bir simülasyon yelpazesi sunmaktadır. Bu simülasyonlar, gerçekçi görseller ve interaktif öğeler kullanarak karmaşık kavramları basit ve anlaşılır bir şekilde sunmaktadır. Kullanıcılar, simülasyonları kullanarak deneyleri sanal ortamda tasarlayabilir ve yürütebilir, değişkenleri manipüle edebilir ve sonuçları gözlemleyebilirler. Uygulamanın web tabanlı olması, farklı işletim sistemlerini kullanan öğrencilerin ve internet erişimi olan her yerden uygulamaya erişebilmelerini sağlar. Ayrıca, uygulamanın çok dilli desteği sunması da farklı ülkelerden öğrencilerin kullanımına olanak sağlar.

ChemCollective: ChemCollective platformu, her bir kimya konusu için ayrıntılı ve kapsamlı içerik sunmaktadır. Animasyonlar, karmaşık kavramları görsel bir şekilde açıklayarak öğrenmeyi kolaylaştırır. Simülasyonlar, öğrencilerin deneyleri sanal ortamda

tasarlamalarına ve yürütmelerine, değişkenleri manipüle etmelerine ve sonuçları gözlemlmelerine olanak tanır. Bilgi testleri ise öğrencilerin bilgi düzeylerini değerlendirmelerine ve ek desteğe ihtiyaç duydukları alanları belirlemelerine yardımcı olur. Uygulamanın web tabanlı olması, farklı işletim sistemlerini kullanan öğrencilerin ve internet erişimi olan her yerden uygulamaya erişebilmelerini sağlar. Ayrıca, uygulamanın çok dilli desteği sunması da farklı ülkelerden öğrencilerin kullanımına olanak sağlar.

CK-12 Chemistry Simulations: CK-12 Chemistry Simulations uygulaması, gerçekçi görseller ve interaktif öğeler kullanarak karmaşık kavramları basit ve anlaşılır bir şekilde sunmaktadır. Her simülasyon, öğrencilerin deneyleri sanal ortamda tasarlayabilmelerini, değişkenleri manipüle etmelerini ve sonuçları gözlemlmelerini sağlayarak aktif öğrenmeyi teşvik eder. Ayrıca, simülasyonlar ile ilgili ek bilgiler ve değerlendirme soruları da mevcuttur. Uygulamanın mobil olması, öğrencilerin farklı cihazlardan ve her yerden uygulamaya erişebilmelerini sağlar. Ayrıca, uygulamanın ücretsiz olması da geniş kitlelere ulaşmasını kolaylaştırır.

goREACT: Uygulama, geleneksel laboratuvar deneylerinin sınırlamalarını aşarak, öğrencilere kimyasal kavramları güvenli ve erişilebilir bir şekilde keşfetme imkanı sunmaktadır. goREACT uygulaması, kullanıcıların elementleri birbirleriyle etkileşime girerek farklı kimyasal bileşikler oluşturmalarına olanak tanır. Uygulama, her bir elementin kimyasal özelliklerine ilişkin bilgi de sunarak öğrencilerin kimyasal bağlar ve periyodik tablonun yapısı hakkındaki bilgilerini pekiştirmelerine yardımcı olur. Uygulamanın mobil olması, öğrencilerin farklı cihazlardan ve her yerden uygulamaya erişebilmelerini sağlar. Ayrıca, uygulamanın ücretsiz olması da geniş kitlelere ulaşmasını kolaylaştırır.

ChemReaX: Uygulama, geleneksel laboratuvar deneylerinin sınırlamalarını aşarak, öğrencilere kimyasal kavramları daha aktif ve kapsamlı bir şekilde keşfetme imkanı sunmaktadır. ChemReaX platformu, kullanıcıların reaksiyon denklemlerini girmelerini, başlangıç koşullarını belirlemelerini ve simülasyonu çalıştırmalarını sağlayarak kimyasal reaksiyonların işleyişini görselleştirmelerine yardımcı olur. Simülasyonlar sonucunda elde edilen veriler, grafikler ve tablolar aracılığıyla analiz edilebilir ve yorumlanabilir. Bu sayede, kullanıcılar kimyasal denge sabitlerini, reaksiyon hızlarını ve termodinamik parametreleri gibi önemli kavramları daha iyi anlayabilirler. Uygulamanın web tabanlı

olması, farklı işletim sistemlerini kullanan öğrencilerin ve internet erişimi olan her yerden uygulamaya erişebilmelerini sağlar. Ayrıca, uygulamanın çok dilli desteği sunması da farklı ülkelerden öğrencilerin kullanımına olanak sağlar.

2.5. Fen Eğitiminde Sanal Laboratuvar Kullanmanın Önemi

Sanal laboratuvarlar, gerçek hayattaki olayları bilgisayar simülasyonları aracılığıyla öğrencilere yaşatmayı amaçlayan eğitim araçlarıdır (Udin, Ramli ve Muzzazinah, 2020). Bilgisayarın eğitimde sağladığı faydalar, fen bilimleri dersi ve laboratuvar içerikleri için de geçerlidir (Bilir, 2019). Sanal ortamda sunulan içeriklerin öğrencilerin akademik başarılarını yükselttiği araştırmalarla desteklenmektedir (Başaran, 2018; Koç Ünal, 2019). Sanal laboratuvar uygulamaları, öğrencilere kendi öğrenme hızlarını belirleme ve hata yaptıklarında doğruyu bulana kadar deneme yapma imkanı vererek yapılandırmacı öğrenme yaklaşımına uygun olduğu ifade edilebilir (Karagöz Mırçık, 2018). Ayrıca kaynakları sınırlı olan eğitim kurumları için bu tür içeriklerden faydalanmak çok etkili ve yararlıdır. Sanal laboratuvarlar, zengin içerikleriyle farklı yaş gruplarındaki pek çok öğrencinin dikkatini çekmekte ve onları eğitim sürecine dahil etmekte yardımcı olmaktadır (Faour ve Ayoubi, 2018). Bunun yanında sanal içerikler, öğrencilerin kavram yanlışlarını ortadan kaldırmada da oldukça işlevseldir (Trie Kurniawan ve Maryanti, 2018; Phanphech, Tanitteerapan ve Murphy, 2019).

Sanal laboratuvarlar, fen bilimleri dersinde öğrencilere çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Öğrenciler, farklı fen becerilerine uygun olarak deney tasarlayıp uygulayabilmektedirler (Duman ve Avcı, 2016). Kimya öğretiminde, molekül ve iyon hareketleri, radyoaktivite, asit-baz reaksiyonları gibi konuların anlaşılmasında sanal laboratuvarlar etkili bir araçtır (Gömlekçi, 2019). Fizik öğretiminde de, elektrik gibi zor kavranan bir konuda, Phet adlı sanal laboratuvar sayesinde, elektronların mavi noktalar şeklinde gösterilmesi, öğrencilerin devrede olan biteni daha iyi gözlemlmelerini sağlamaktadır (Faour ve Ayoubi, 2018). Bu durumlar, gerçek laboratuvarlarda öğrencilere sunulamamaktadır. Ayrıca, sanal laboratuvarlarda yapılan deneylerde öğrencilerin yanılma riski azaldığı için, öğrencilerin derslere olan ilgileri ve tutumları da artmaktadır.

Sanal laboratuvar uygulamaları, fen bilimleri derslerinde gerçek laboratuvar ortamının sağlayamadığı bazı avantajlar sunmaktadır. Örneğin, bu uygulamalar sayesinde

öğrenciler, malzeme kısıtlılığı, deney tekrarı, ayar hassasiyeti gibi sorunlarla karşılaşmamaktadır (Koç Ünal, 2019). Ancak, sanal laboratuvarların da bazı eksiklikleri vardır. Bunlardan biri, gerçek laboratuvarlarda öğrencilerin duyuşsal olarak algıladıkları koku, his gibi etmenlerin sanal laboratuvarlarda sunulamamasıdır (Manunure, Delserieys ve Castera, 2019). Bir diğeri ise, hazırlanan simülasyonların belirli bir kazanımı hedeflemesi, ancak diğeri problemleri çözmede yeterli olmamasıdır. Bu durum, öğrencilerin el becerisi ve deney malzemeleri ile ilgili bilgi ve becerilerinin gelişmesini engelleyebilir (Koç Ünal, 2019). Ayrıca, öğretmenlerin sanal laboratuvarlar konusunda yeterli bilgiye sahip olmamaları veya uygulamaların kullanımı sırasında teknik aksaklıklar yaşanması da, bu uygulamaların etkinliğini azaltabilir (Karagöz Mırçık ve Saka, 2016).

2.6. Literatürde Yer Alan Araştırmalar

2.6.1. Yurtiçi Araştırmalar

Bozkurt (2008), Selçuk Üniversitesi Elektrik ve Manyetizma dersinde sanal laboratuvarın öğrenci başarısına etkisini inceleyen bir çalışma yürütmüştür. Çalışma, 2006-2007 eğitim-öğretim yılında 115 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, “Alternatif Akım Devreleri ve Seri RLC Devresinde Rezonans” konularına uygun bir sanal laboratuvar tasarlanmıştır. Üç farklı grup oluşturulmuştur: Sanal ve Geleneksel Laboratuvarı Birlikte Kullanan Grup (SG); bu grup, hem sanal hem de geleneksel laboratuvar deneylerini kullanmıştır. Sadece Sanal Laboratuvarı Kullanan Grup (S); Bu grup sadece sanal laboratuvar deneylerini kullanmıştır. Sadece Geleneksel Laboratuvarı Kullanan Grup (G); Bu grup sadece geleneksel laboratuvar deneylerini kullanmıştır. Grupların başarı düzeylerini karşılaştırmak için bir başarı testi uygulanmıştır. Ön test ve son test sonuçları SPSS programında istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulguları, sanal laboratuvar kullanan grupların (SG ve S) geleneksel laboratuvarı tek başına kullanan gruba (G) göre daha yüksek başarı elde ettiklerini göstermiştir.

Daşdemir ve Doymuş (2012), Erzurum'daki bir ortaokulun 6. sınıf öğrencilerini kapsayan bir araştırmayla sanal uygulamaların öğrenme üzerindeki etkisini incelemiştir. Araştırma, animasyonlu öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin akademik başarısını, öğrenme kalıcılığını ve motivasyonlarını nasıl etkilediğini analiz etmeyi amaçlamıştır. Araştırmada, deney ve kontrol grubu olmak üzere iki grup oluşturulmuştur.

Deney grubuna animasyonlu öğretim yöntemi, kontrol grubuna ise geleneksel öğretim yöntemi uygulanmıştır. Her iki grupta da aynı müfredat ve materyaller kullanılmış, tek fark öğretim yönteminde olmuştur. Veri toplama araçları olarak ön test, son test ve tutum ölçeği kullanılmıştır. Araştırmanın bulguları, animasyonlu öğretim yönteminin geleneksel öğretim yöntemine kıyasla öğrencilerin akademik başarılarını ve öğrenme kalıcılıklarını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Ayrıca, animasyonlu öğretim grubundaki öğrencilerin öğrenmeye karşı daha motive ve istekli oldukları gözlemlenmiştir.

Hırça ve Bayrak (2013), Algodoo adlı sanal laboratuvar yazılımı kullanarak üstün yetenekli öğrencilerin kaldırma kuvveti öğrenimine etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın amacı, sınırlı deney imkanlarına sahip üstün yetenekli öğrencilere sanal ortamda kaldırma kuvveti ile ilgili çeşitli deneyler sunarak öğrenmelerini desteklemektir. Çalışmada, 10. sınıfa giden 20 üstün yetenekli öğrenci ile çalışılmıştır. Öğrenciler Algodoo yazılımı kullanılarak kaldırma kuvveti ile ilgili sanal deneyler tasarlamış, yürütmüş ve sonuçlarını analiz etmişlerdir. Deneyler öncesi ve sonrası öğrencilere kaldırma kuvveti ile ilgili bir bilgi testi uygulanmıştır. Çalışmanın bulguları, sanal fizik laboratuvarlarının üstün yetenekli öğrencilerin kaldırma kuvveti öğrenimini önemli ölçüde geliştirdiğini göstermiştir. Sanal deneylere katılan öğrencilerin bilgi testi puanlarında anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Ayrıca, öğrenciler sanal deneyleri oldukça motive edici ve ilgi çekici bulmuşlardır.

Çinici vd. (2013), Adıyaman'daki bir ortaokulun 5. sınıf öğrencilerini kapsayan bir araştırmayla sanal ve geleneksel laboratuvar uygulamalarının öğrenci başarısına etkisini karşılaştırmıştır. Araştırmanın amacı, sanal laboratuvar ortamında simülasyonlarla öğrenmenin, geleneksel laboratuvar ortamında yüz yüze deneyimlerle öğrenmeye kıyasla öğrenci başarısını nasıl etkilediğini incelemektir. Araştırmada, deney ve kontrol grubu olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Deney grubuna sanal laboratuvar ortamında simülasyonlarla öğrenme imkanı sunulmuşken, kontrol grubuna geleneksel laboratuvar ortamında yüz yüze deneylerle öğrenme imkanı sunulmuştur. Her iki grupta da aynı müfredat ve materyaller kullanılmış, tek fark öğretim ortamında olmuştur. Veri toplama araçları olarak ön test, son test ve tutum ölçeği kullanılmıştır. Araştırmanın bulguları, hem sanal laboratuvar hem de geleneksel laboratuvar uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin ışık ve ses ünitesiyle ilgili başarılarını önemli ölçüde artırdığını

göstermiştir. İki grup arasında test puanları açısından anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen, sanal laboratuvar grubundaki öğrencilerin laboratuvar deneylerine karşı daha olumlu tutumlar geliştirdikleri gözlemlenmiştir.

Kiraz (2014), yüksek maliyetli çekme deneyini sanal laboratuvar ortamına taşıyarak geleneksel laboratuvar ortamındaki kısıtlamaları aşmayı amaçlamıştır. Çalışma, her öğrenci için yaklaşık 15.000 TL maliyet gerektiren çekme testinin sanal ortamda gerçekleştirilmesiyle, bu maliyetin önemli ölçüde azaltılmasını ve daha geniş kitlelere ulaşılmasını sağlamıştır. Kiraz (2014), sanal bir çekme testi platformu geliştirmiştir. Bu platform, kullanıcıların farklı hızlarda çekilen bir numunenin elde ettiği çekme kuvveti ve uzama değerlerini sanal ortamda deneyimlemelerini sağlamıştır. Platform, kullanıcıların deney parametrelerini (çekme hızı, numune malzemesi vb.) girmelerine ve deney sonuçlarını gözlemlmelerine imkan tanımıştır. Çalışmanın bulguları, sanal çekme testi platformunun geleneksel laboratuvar ortamındaki çekme testi sonuçlarıyla oldukça uyumlu olduğunu göstermiştir. Platform, kullanıcıların çekme testi prensiplerini ve farklı çekme hızlarının numune üzerindeki etkilerini kolayca anlamalarını sağlamıştır.

Duman (2015), 8. sınıf öğrencilerinin maddenin halleri ve ısı ünitesindeki kavramları öğrenmede sanal ve geleneksel laboratuvar uygulamalarının etkinliğini karşılaştıran bir araştırma yürütmüştür. Çalışmanın amacı, sanal laboratuvar ortamının öğrenci başarısını, öğrenilenlerin kalıcılığını ve kavram yanlışlarının giderilmesini nasıl etkilediğini incelemektir. Araştırmada, deney ve kontrol grubu olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Deney grubuna sanal laboratuvar ortamında, kontrol grubuna ise geleneksel laboratuvar ortamında ders verilmiştir. Her iki grupta da aynı müfredat ve materyaller kullanılmış, tek fark öğretim ortamında olmuştur. Veri toplama araçları olarak ön test, son test, kalıcılık testi ve kavram yanlışları testi kullanılmıştır. Duman'ın (2015) çalışması, sanal laboratuvar ortamında öğrenen grubun geleneksel laboratuvar ortamında öğrenen gruba kıyasla maddenin halleri ve ısı ünitesindeki kavramları daha iyi anladığını ve daha uzun süre muhafaza ettiğini göstermiştir. Ayrıca, sanal laboratuvar grubundaki öğrencilerin daha az kavram yanlışına sahip olduğu ve daha yüksek akademik başarı elde ettiği belirlenmiştir.

Ekici (2015), fen bilimleri öğretmenlerinin sanal laboratuvar kullanımına ilişkin tutumlarını ve bu yöntemin öğretimdeki katkısını incelemek amacıyla "Sanal Laboratuvar Görüş Ölçeği (SLGÖ)" adlı bir ölçek geliştirmiştir. Bu ölçek, 36 maddeden oluşmakta ve

öğretmenlerin sanal laboratuvarlara yönelik tutumlarını, bu yöntemin sağlayacağı faydaları ve fen eğitiminde kullanımına yönelik görüşlerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın çalışma grubu, 53 fen bilimleri öğretmeni ve lise fen grubu öğretmeninden oluşmuştur. Öğretmenlere SLGÖ anketi uygulanarak sanal laboratuvar kullanımına ilişkin tutumları ve görüşleri toplanmıştır. Elde edilen veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmanın bulguları, fen bilimleri öğretmenlerinin sanal laboratuvarlara yönelik genel tutumlarının olumlu olduğunu göstermiştir. Öğretmenler, sanal laboratuvarların fen eğitiminde geleneksel laboratuvarlara eşdeğer etkilere sahip olduğunu, öğrencilerin öğrenmesini kolaylaştırdığını, soyut kavramları somutlaştırmada yardımcı olduğunu ve deney imkanlarının kısıtlı olduğu durumlarda alternatif bir çözüm sunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, sanal laboratuvarların öğrencilerin motivasyonlarını ve katılımlarını artırdığını, farklı öğrenme stillerine hitap ettiğini ve fen bilimlerine karşı ilgiyi artırdığını ifade etmişlerdir.

Karagöz Mırçık ve Saka (2016), öğretmen performansı, fiziksel koşullar ve cinsiyetin 9. sınıf öğrencilerinin fizik dersindeki akademik başarıları üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmanın amacı, bu değişkenlerin öğrenci başarısını nasıl etkilediğini ve cinsiyetler arası başarı farklarını ortaya koymaktır. Araştırmada ön test – son test kontrol gruplu deneysel desen kullanılmıştır. Çalışmaya iki fizik öğretmeni ve 86 dokuzuncu sınıf öğrencisi katılmıştır. Deney grubu, fiziksel koşulların daha uygun olduğu ve daha deneyimli bir öğretmen tarafından ders verilen sınıftan, kontrol grubu ise daha az uygun fiziksel koşullara sahip ve daha az deneyimli bir öğretmen tarafından ders verilen sınıftan oluşmuştur. Veri toplama araçları olarak gözlem formu ve başarı testi kullanılmıştır. Araştırmanın bulguları, deney grubundaki öğrencilerin akademik başarılarının kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla anlamlı düzeyde arttığını göstermiştir. Bu bulgu, fiziksel koşulların ve öğretmen performansının öğrenci başarısını etkileyen önemli faktörler olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, kız öğrencilerin hem başarı hem de katılım düzeylerinin erkek öğrencilere kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Kız öğrencilerin uygulamalara ilişkin soruları daha detaylı yanıtladıkları ve daha aktif katıldıkları da bulgular arasında yer almıştır.

Duman ve Avcı (2016), sanal laboratuvar uygulamalarının 8. sınıf fen bilimleri dersinde öğrenci başarısı ve öğrenme kalıcılığı üzerindeki etkisini inceleyen nicel bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmanın amacı, sanal laboratuvar ortamında öğrenmenin

geleneksel öğretmen merkezli öğretime kıyasla öğrenci başarısını ve öğrenilenlerin kalıcılığını nasıl etkilediğini incelemektir. Araştırmada kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Çalışmaya Mersin'in Erdemli ilçesindeki bir ortaokuldan 31 sekizinci sınıf öğrencisi katılmıştır. Öğrenciler rastgele iki gruba ayrılmıştır: deney grubu sanal laboratuvar ortamında, kontrol grubu ise öğretmen merkezli öğretim yöntemiyle ders almıştır. Her iki gruba da aynı müfredat ve materyaller sunulmuştur. Veri toplama aracı olarak 25 soruluk "Ünite Başarı Testi" kullanılmıştır. Test ön test, son test ve kalıcılık testi olarak üç kez uygulanmıştır. Elde edilen veriler t testi ile analiz edilmiştir. Duman ve Avcı'nın (2016) çalışması, sanal laboratuvar ortamında öğrenen grubun öğretmen merkezli öğretim yöntemiyle öğrenen gruba kıyasla ön test, son test ve kalıcılık testlerinde anlamlı ölçüde daha yüksek puanlar aldığını göstermiştir. Bu bulgu, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrenci başarısını ve öğrenilenlerin kalıcılığını önemli ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır.

Yavuz ve Akçay (2017), Muş'taki bir ortaokulun 5. sınıf öğrencilerini kapsayan bir çalışmada, bilgisayar destekli öğretim ve laboratuvar destekli öğretimin ders başarıları ve derse karşı tutumları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmanın amacı, iki farklı öğretim yönteminin öğrenci başarısını ve fen bilimlerine karşı tutumlarını nasıl etkilediğini karşılaştırmaktır. Çalışmada deneysel yöntem kullanılmıştır. Deney grubu bilgisayar destekli simülasyonlar ile, kontrol grubu ise laboratuvar destekli etkinliklerle fen bilimleri dersini almıştır. Her iki gruba da aynı müfredat ve materyaller sunulmuştur. Veri toplama araçları olarak ön test ve son test (başarı testi) ve tutum ölçeği kullanılmıştır. Testler ve ölçekler çalışma öncesi ve sonrasında her iki gruba da uygulanmıştır. Elde edilen veriler t-testi ve ANOVA ile analiz edilmiştir. Yavuz ve Akçay'ın (2017) çalışması, bilgisayar destekli öğretim yöntemiyle öğrenen grubun son testte laboratuvar destekli öğretim yöntemiyle öğrenen gruba kıyasla anlamlı ölçüde daha yüksek puanlar aldığını göstermiştir. Bu bulgu, bilgisayar destekli öğretimin 5. sınıf fen bilimleri dersinde öğrenci başarısını artırdığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, iki grup arasında tutum ölçeği puanları açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Her iki öğretim yönteminin de öğrencilerin fen bilimlerine karşı tutumlarını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Aydın (2018), 8. sınıf öğrencilerini kapsayan bir çalışmada, sanal laboratuvar ve geleneksel laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisini karşılaştırmıştır. Araştırmanın amacı, iki farklı laboratuvar ortamının öğrenci

başarısını nasıl etkilediğini incelemek ve öğrencilerin laboratuvar uygulamalarına ilişkin tutumlarını değerlendirmektir. Çalışmada deneysel yöntem kullanılmıştır. Deney grubu sanal laboratuvar ortamında, kontrol grubu ise geleneksel laboratuvar ortamında fen bilimleri dersini almıştır. Her iki gruba da aynı müfredat ve materyaller sunulmuştur. Veri toplama araçları olarak ön test ve son test (başarı testi) ve bir anket kullanılmıştır. Testler ve anket çalışma öncesi ve sonrasında her iki gruba da uygulanmıştır. Elde edilen veriler t-testi ve ANOVA ile analiz edilmiştir. Aydın'ın (2018) çalışması, sanal laboratuvar ve geleneksel laboratuvar uygulamaları arasında akademik başarı açısından anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Her iki grup da ön test ve son testte benzer puanlar almıştır. Bu bulgu, sanal laboratuvar ortamının geleneksel laboratuvar ortamına eşdeğer bir öğrenme ortamı sağlayabileceğini ve öğrenci başarısını etkilemediğini ortaya koymaktadır.

Uğuz ve arkadaşları (2018), sanal laboratuvarların STEM eğitime katkısını internet üzerinden sunulan örneklerle değerlendirmişlerdir. Ayrıca, araştırmacıların hazırladığı bir sanal laboratuvar uygulamasını, kimya dersi öğrenen ortaöğretim öğrencilerine tanıtmışlar ve kullanmalarını sağlamışlardır. Çalışma, sanal laboratuvar uygulaması tasarlamak isteyenlere rehberlik edebilecek nitelikte olduğu vurgulanmıştır.

Demir (2018) araştırmasında sanal laboratuvar ve geleneksel laboratuvar uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarısına etkisini incelemiştir. Araştırma, deneysel bir çalışma desenine göre tasarlanmıştır. Çalışmanın sonunda, deney grubunun kontrol grubuna göre akademik başarı testinde anlamlı derecede daha yüksek puan aldığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, sanal laboratuvar uygulamalarının geleneksel laboratuvar uygulamalarına kıyasla öğrencilerin akademik başarısını artırabileceğini göstermektedir.

Sekizinci sınıf öğrencilerini konu alan Meral (2018) çalışması, sanal laboratuvar ortamındaki simülasyonların akademik başarı ve motivasyon üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Deneysel bir tasarımla yürütülen çalışmada dört gruba ayrılan toplam 120 öğrenci yer almıştır. İlk deney grubuna hem sanal hem de geleneksel laboratuvar uygulamaları, ikinci deney grubuna sadece sanal laboratuvar uygulamaları, ilk kontrol grubuna sadece geleneksel laboratuvar uygulamaları ve ikinci kontrol grubuna ise hiçbir laboratuvar uygulaması sunulmamıştır. Elde edilen bulgular, yüz yüze ve sanal laboratuvar uygulamalarının birlikte kullanılmasının hem akademik başarı hem de fen bilimleri motivasyonu üzerinde anlamlı bir artışa yol açtığını göstermiştir. Laboratuvar

uygulaması olmayan öğrencilerde ise akademik başarıda herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

Batdı, Semerci ve Aslan (2018), 2000 ile 2016 yılları arasında yayımlanan çalışmaları meta analiz ve meta tematik analiz yaklaşımlarıyla sorgulamaya dayalı öğrenmenin başarı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. İncelenen araştırmaların büyük bir çoğunluğunun fen eğitimi alanında ve ortaokul seviyesindeki öğrenciler üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Meta analizde, 27 araştırmanın verileri incelenmiş ve sorgulamaya dayalı öğrenmenin başarıya anlamlı katkı sağladığı bulunmuştur. Meta tematik analizde ise, 36 araştırmanın verileri incelenmiş ve sorgulamaya dayalı öğrenmenin olumlu etkilerinin olduğu ancak önceden plan yapmanın sorgulamaya dayalı öğrenme için olumsuz bir tema olarak belirlendiği ortaya çıkmıştır.

Kapıcı ve arkadaşları (2019) tarafından yürütülen çalışma, ortaokul öğrencilerinde elektrik alan konusunun öğretiminde geleneksel ve sanal laboratuvar uygulamalarının ayrı ayrı ve birlikte kullanımının etkilerini incelemiştir. Araştırmaya yedinci sınıf düzeyinde 143 öğrenci katılmıştır. Elektrik alan kavramının öğretiminde hem geleneksel hem de sanal laboratuvar yöntemleri kullanılmıştır. Öğrencilerin kavramsal bilgi ve sorgulama becerilerini değerlendirmek için çoktan seçmeli ve açık uçlu testler uygulanmıştır. Verilerin analizinde ANOVA, ANCOVA, Kruskal-Wallis ve Wilcoxon testleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, geleneksel ve sanal laboratuvar yöntemlerinin birlikte sıralı olarak kullanılmasının, öğrencilerin kavramsal bilgi ve sorgulama becerilerini geliştirmede en etkili yöntem olduğunu göstermiştir. Geleneksel laboratuvar yönteminin tek başına kullanıldığı duruma kıyasla, sanal laboratuvar yönteminin eklenmesi, öğrencilerin kavramsal bilgi ve sorgulama becerilerinde anlamlı bir artışa yol açmıştır.

Koç-Ünal (2019) tarafından yürütülen çalışma, 5. sınıf öğrencilerinin elektrik ünitesindeki akademik başarılarını sanal ve gerçek laboratuvar uygulamaları ile karşılaştırmayı amaçlamıştır. Deneysel bir araştırma deseni ile yürütülen çalışmada, rastgele iki gruba ayrılan 54 öğrenci yer almıştır. Deney grubuna sanal laboratuvar uygulamaları, kontrol grubuna ise geleneksel laboratuvar uygulamaları ile ders verilmiştir. Her iki grup için de ön test ve son test uygulanmıştır. Verilerin analizinde bağımsız gruplar t-testi ve bağımlı gruplar t-testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, sanal laboratuvar uygulamalarının kontrol grubuna kıyasla deney grubunda akademik

başarıda anlamlı bir artışa yol açtığını göstermiştir. Ayrıca, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin bilgi kalıcılığını da artırdığı görülmüştür.

Sarioğlu (2019), Bursa ilindeki 6. sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersinde hücre konusunun öğretiminde sanal gerçeklik kullanımının akademik başarı ve tutumları üzerindeki etkisini incelemiştir. eneyssel bir araştırma deseni ile yürütülen çalışmada 60 öğrenci rastgele iki gruba ayrılmıştır. Deney grubuna sanal gerçeklik uygulamaları ile ders verilirken, kontrol grubuna geleneksel yöntemlerle ders verilmiştir. Her iki grup için de ön test ve son test uygulanmış ve tutum anketi doldurulmuştur. Verilerin analizinde bağımsız gruplar t-testi ve Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, sanal gerçeklik uygulamalarının kontrol grubuna kıyasla deney grubunda akademik başarıda anlamlı bir artışa yol açtığını göstermiştir. Ayrıca, sanal gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin hücre konusuna karşı tutumlarını da olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Urhan (2019), 6. sınıf öğrencilerinin Güneş Sistemi ve Tutulmalar ünitesini öğrenmesinde sanal gerçeklik uygulamalarının etkisini incelemiştir. Araştırma, "ön test - son test kontrol gruplu yarı deneysel model" ile yürütülmüştür. Çalışma grubunu 32 öğrenci oluşturmaktadır. Deney ve kontrol grupları olmak üzere iki gruba ayrılan bu öğrencilerden 16'sı sanal gerçeklik uygulaması ile, 16'sı ise geleneksel yöntemlerle Güneş Sistemi ve Tutulmalar ünitesini öğrenmiştir. Verilerin analizinde SPSS paket programı ve betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, deney ve kontrol grupları arasında ön test sonuçları açısından anlamlı bir fark olmadığını, ancak son test sonuçlarında deney grubunun lehine anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir. Bu durum, sanal gerçeklik uygulamalarının Güneş Sistemi ve Tutulmalar ünitesini öğrenen 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarını artırdığını göstermektedir.

Günlü (2019), fen bilimleri öğretmenlerinin fen öğreniminde sanal laboratuvar kullanımına ilişkin görüşlerini nitel bir bütüncül çoklu durum çalışmasıyla incelemiştir. Araştırmaya 10 fen bilimleri öğretmeni katılmıştır. Veri toplama araçları olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu, etkinlik formları ve sanal laboratuvar değerlendirme formları kullanılmıştır. Elde edilen veriler içerik analizi tekniği ile analiz edilmiştir. Araştırmanın bulguları, öğretmenlerin sanal laboratuvar kullanımının fen öğreniminde bazı dezavantajlar içerdiğini belirtmelerine rağmen, birçok avantajının da olduğuna dikkat çekmektedir. Öğretmenler, sanal laboratuvarların öğrencilerin teknolojiye olan

ilgisini artırarak derste öğrenmenin kalıcılığını ve başarısını yükseltebileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, sanal laboratuvar programının konunun kavranmasını kolaylaştıracağı düşünülmektedir.

Mutlu ve Acar Şeşen (2020) çalışması, fen bilimleri öğretmenliği öğrencilerinin kimya dersi ve kimya laboratuvarına yönelik tutumlarının sanal ve gerçek laboratuvar ortamlarında sorgulamaya dayalı öğretimle nasıl etkilendiğini incelemeyi amaçlamıştır. Karma yöntem araştırması olarak tasarlanan çalışmada, nitel ve nicel veriler toplanmıştır. Nicel veriler, kimya dersi ve kimya laboratuvarına yönelik tutum ölçeği aracılığıyla, nitel veriler ise yarı yapılandırılmış görüşme formu ile elde edilmiştir. Çalışmaya katılan fen bilimleri öğretmenliği öğrencileri, gerçek laboratuvarda sorgulamaya dayalı öğretim alan birinci grup ve sanal laboratuvarda sorgulamaya dayalı öğretim alan ikinci grup olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, gerçek laboratuvarda sorgulamaya dayalı öğretim alan birinci grubun kimya dersi ve kimya laboratuvarına yönelik tutum puanlarının, sanal laboratuvarda sorgulamaya dayalı öğretim alan ikinci grubun puanlarından anlamlı derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerle de desteklenmektedir.

Şeker ve Ünal (2020), nicel bir çalışma ile sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarına etkisini incelemiştir. Çalışmada, kontrol gruplu deneysel desen kullanılmıştır. Örneklemi 54 beşinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Başarı düzeylerini ölçmek için başarı testi uygulanmıştır. Verilerin istatistiksel analizi için bağımsız gruplar arası t-testi ve bağımlı gruplar arası t-testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, sanal laboratuvar yöntemi ile öğrenen deney grubunun, geleneksel yöntem ile öğrenen kontrol grubuna göre başarı ve bilgi kalıcılığında anlamlı derecede daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir.

Pınar ve Dönel Akgül (2020), Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan bir okulda 7. sınıf öğrencileri üzerinde sanal ve geleneksel laboratuvar uygulamalarının fen bilimleri dersine yönelik tutum ve motivasyonlarına etkisini inceleyen bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma, rastgele atanan iki gruba ayrılan 7. sınıf öğrencileri ile yürütülmüştür. Deney grubunda sanal laboratuvar uygulamaları, kontrol grubunda ise geleneksel laboratuvar uygulamaları kullanılmıştır. Her iki gruba da aynı fen bilimleri ders müfredatı ve programı uygulanmıştır. Veri toplama araçları olarak Fen Bilimleri Dersi Tutum Ölçeği ve Motivasyon Ölçeği kullanılmıştır. Verilerin analizinde t-testi ve ANOVA testleri

kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, sanal ve geleneksel laboratuvar uygulamaları arasında fen bilimleri dersine yönelik tutum ve motivasyon açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Bostan Sarıoğlu ve arkadaşları (2020), fen bilimleri dersinde uzaktan eğitim yoluyla deney yapılmasına yönelik öğretmen görüşlerini inceledikleri makalelerinde, öğretmenlerin uzaktan eğitimin faydaları arasında zaman kazancı ve laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmesi riskli olan deneylerin sanal ortamda daha verimli bir şekilde yapılabilmesi olduğunu ifade ettiklerini rapor etmişlerdir. Bununla birlikte, deney yapma aşamasında çeşitli sorunlarla karşılaştıklarını da belirtmişlerdir. Bu sorunlar arasında öğrencilerin etkin katılım göstermemesi, geri bildirimlerin yetersiz kalması, çevrimiçi eğitim imkanlarının kısıtlı olması, sistemin teknik problemler çıkarması, iletişim kurmanın güçleşmesi ve öğrencilerin motivasyon eksikliği göstermesi yer almaktadır.

Sanal laboratuvar simülasyonlarının COVID iyileşme süreciyle bütünleştirilmesinin 46 üniversite öğrencisi üzerindeki etkisini inceleyen Yap ve arkadaşları (2021), öğrencilerin sanal laboratuvar simülasyonlarını öğrenme sürecinin bir bileşeni olarak nasıl algıladıklarını ve kabul ettiklerini ölçmek için test ve anket yöntemlerini kullanmışlardır. Araştırmanın bulguları, öğrencilerin sanal laboratuvar simülasyonlarına yönelik algı ve kabul düzeylerinin arttığını göstermiştir.

Çivril ve Özkul (2021), açıköğretim üniversitesinde ön lisans düzeyindeki devre analizi laboratuvarı dersine kayıtlı öğrencilerin sanal laboratuvarlara yönelik tutumlarını belirleyen değişkenleri incelemiştir. Araştırmada keşfedici sıralı karma yöntem kullanılmıştır. Nitel veriler yarı yapılandırılmış görüşme tekniği ile, nicel veriler ise yedili Likert ölçeği ile toplanmıştır. Elde edilen nitel veriler içerik analizi ile, nicel veriler ise kısmi en küçük kareler yapısal eşitlik modeli ile analiz edilmiştir. Araştırmanın bulguları, öğrencilerin sanal laboratuvarlara yönelik tutumlarının teknoloji kabul modeli tarafından belirlenen beş temel değişkenden (algılanan fayda, algılanan kullanım kolaylığı, algılanan risk, algılanan performans beklentisi ve sosyal etki) etkilendiğini göstermiştir.

Deniş Çeliker ve Tumru'nun (2021) çalışmasında, fen bilimleri eğitimine yönelik olarak sanal ve yüz yüze laboratuvar uygulamalarının tutumları incelenmiş ve her iki grubun da tutumlarında artış tespit edilmiştir. Ancak, aralarında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Yıldırım (2021), fen eğitiminde sanal laboratuvar kullanımının öğrencilerin başarı düzeyleri ve uygulamaya yönelik algıları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmaya 8. sınıf düzeyinden 62 öğrenci katılmıştır. Karma yöntemli bir araştırma olan çalışmada, nicel ve nitel veriler toplanmıştır. Nicel veriler, deney ve kontrol grubu arasındaki başarı farklarını ortaya koymak için deney öncesi ve sonrası başarı testleri kullanılarak toplanmıştır. Nitel veriler ise uygulama sonunda yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ve uygulama esnasında gerçekleştirilen gözlemler yoluyla elde edilmiştir. Araştırmanın bulguları, sanal laboratuvar uygulamasının deney grubundaki öğrencilerin başarılarını geleneksel yöntemlere göre anlamlı ölçüde artırdığını göstermiştir. Ayrıca, sanal laboratuvar uygulamasının öğrenmeyi somutlaştırdığı, anlamlı öğrenmeye destek olduğu, öğrencilerin ilgisini çektiği, fen dersine karşı ilgi, motivasyon ve heyecanlarını yükselttiği ve öğrencilerde fen bilimleri laboratuvarı uygulamalarına karşı olumlu bir tutum geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bozkurt (2022), 8. sınıf öğrencileri üzerinde fen bilimleri dersinde sanal müze kullanımının laboratuvar malzemelerini öğrenmeleri üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırma yürütmüştür. Araştırmada kontrol grubu ve deney grubu olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Kontrol grubunda ders kitabı, deney grubunda ise sanal müze tasarımı kullanılarak fen bilimleri dersleri işlenmiştir. Uygulamalar tamamlandıktan sonra her iki gruptan da laboratuvar malzemelerini öğrenme düzeylerini ölçmek için bir test uygulanmıştır. Elde edilen bulgular, sanal müze tasarımı kullanan deney grubundaki öğrencilerin laboratuvar malzemelerini öğrenme düzeylerinin, ders kitabı kullanan kontrol grubundaki öğrencilere göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Baş (2022), fen eğitiminde sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları ve tutumları üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırma yürütmüştür. Araştırmada deney ve kontrol grubu olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Deney grubuna sanal laboratuvar uygulamaları, kontrol grubuna ise geleneksel laboratuvar uygulamaları uygulanmıştır. Her iki gruptan da akademik başarılarını ve tutumlarını ölçmek için veriler toplanmıştır. Elde edilen bulgular, sanal laboratuvar uygulamalarının deney grubundaki öğrencilerin akademik başarılarını ve fen bilimlerine yönelik tutumlarını kontrol grubundaki öğrencilere göre anlamlı derecede olumlu etkilediğini göstermiştir.

2.6.2. Yurtdışı Araştırmalar

Sun, Lin ve Yu (2007) tarafından yapılan bir araştırmada, ilkökul öğrencilerinin sanal ve yüz yüze laboratuvar uygulamaları arasındaki akademik başarı farkı incelenmiştir. Deney grubuna sanal laboratuvar ortamı sunulurken, kontrol grubuna geleneksel laboratuvar ortamı sağlanmıştır. Uygulamadan önce ve sonra toplanan verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda, sanal laboratuvar ortamında çalışan deney grubu öğrencilerinin geleneksel laboratuvar ortamında çalışan kontrol grubu öğrencilerine göre daha yüksek başarı gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, sanal laboratuvarın eğitimde etkili bir araç olabileceğini göstermektedir.

Herga ve Dinevski (2012), kimya dersinde sembolik, makroskobik ve sanal laboratuvarların parçacık seviyesinde üç farklı düşünme becerisine katkı sağladığını ortaya koymuştur. Çalışmaya yedinci sınıftan 38 öğrenci katılmıştır. Deneysel yöntemle yürütülen çalışmada, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrenme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Crocodile Clips Chemistry adlı sanal laboratuvar programı ile işlenen dersin, sanal laboratuvar kullanılmadan işlenen dersle bilgi kazanımı açısından karşılaştırılması sonucunda, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrenmeyi artırdığı ve verimli olduğu sonucuna varılmıştır.

Permanasari ve arkadaşları (2016), STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) temelli bir sanal laboratuvar ortamı tasarlayarak ortaokul öğrencilerinin bilimsel okuryazarlık becerilerini geliştirmeyi amaçlamışlardır. Araştırma, tek grup ön test-son test deseni ile gerçekleştirilmiştir. 4D (Tanımla, Tasarla, Geliştir ve Yaygınlaştır) modeli, sanal laboratuvar ortamının tasarım sürecine rehberlik etmiştir. Araştırma bulguları medya uzmanı ve fen bilgisi öğretmenlerinin geri bildirimleri, tasarlanan STEM temelli sanal laboratuvar ortamının %86,24 ve %82,71 oranında "çok iyi" olduğunu göstermiştir. Ayrıca, tasarlanan ortamın kullanımı sonucunda, 7B sınıfında 0,46 ve 7D sınıfında 0,29 puanlık büyük bir artışla öğrencilerin bilimsel okuryazarlık düzeylerinin geliştiği bulunmuştur.

Udin, Ramli ve Muzzazina (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışma, sanal laboratuvar uygulamalarının biyoloji dersindeki soyut kavramların anlaşılmasına ve laboratuvar becerilerinin geliştirilmesine etkisini analiz eden diğer çalışmaları değerlendirmiştir. Çalışma, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin soyut

kavramları kavramalarında ve laboratuvar becerilerini kazanmalarında etkili olduğunu gösteren bazı veriler sunmuştur.

Sanal laboratuvar, pratik eğitim için gerekli olan araç ve gereçlerin sınırlamalarını ortadan kaldırır. Sasongko ve arkadaşları (2019), sanal laboratuvarla ilgili anahtar kelimeleri kullanarak sistematik bir literatür taraması yapmışlardır. Sanal laboratuvar sayesinde, mesleki eğitimde uygulamalı öğrenme daha esnek ve zaman bağımsız bir şekilde gerçekleştirilebilir. Ayrıca, sanal laboratuvarın kurulumu, gerçek laboratuvara kıyasla çok daha az maliyetlidir. Kullanıcılar, deneyime dayalı öğrenme yaklaşımıyla, aktif deneyim ve öğrenci katılımının önemini kavramalıdır. Çalışmanın bulguları, sanal laboratuvarın öğrencilerin öğrenme süreçlerini kolaylaştırarak öğrenme verimliliğini artırdığını göstermiştir.

Sanal ve gerçek laboratuvar deneylerinin öğrencilerin öğrenme süreçleri ve davranışsal farklılıkları üzerindeki etkisini araştıran Hu-Au ve Okita (2020), deney sonunda öğrencilerin içerik bilgisi, deney anlayışı ve laboratuvar güvenliği bilgisinin benzer düzeyde olduğunu ancak laboratuvarda sergiledikleri davranışların önemli derecede değiştiğini ortaya koymuştur.

Rohim (2020) araştırmasında eğitimde teknolojinin entegrasyonunun sanal laboratuvarların yaygınlaşmasına yol açarak fen eğitimini etkilediğini ifade etmiştir. Araştırmada, Jambi ili özelinde sanal laboratuvarların ihtiyaç analizini ve fen eğitimine katkıları incelenmiştir. Araştırma, kütüphane araştırması yöntemiyle yürütülmüştür. Sanal laboratuvarlar ile ilgili çevrimiçi dergiler taranmış ve çalışmaların değişkenleri, yöntemleri ve bulguları analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda sanal laboratuvarlar, fen eğitimine aşağıdaki katkıları sağladığı ifade edilmiştir:

- *Teori ve Pratik Arasındaki Bağlantıyı Güçlendirir*: Öğrenciler, teorik kavramları pratik deneylerle ilişkilendirebilirler.
- *Artırılmış İlgi ve Deneyim*: Simülasyonlar aracılığıyla öğrencilerin bilimsel olgulara ilgisi artar.
- *Etkin Zaman Kullanımı*: Hazırlık sürelerini azaltarak ders zamanının verimli kullanılmasını sağlar.
- *Tekrarlama Olanağı*: Deneylerin tekrar tekrar yapılmasına imkan verir.

Penn ve Mavuru (2020) sanal laboratuvar ortamında sıcaklık, ışık ve karbondioksit konsantrasyonunun fotosentez hızı üzerindeki etkisini incelediler. Bu çalışmanın amacı,

üniversite öğrencilerinin sanal laboratuvar deneylerine ilişkin algı ve tutumlarını belirlemektir. Araştırmada sıralı karma yöntem kullanıldı. 68 lisans üçüncü sınıf öğretmen adayı nicel boyutta sanal laboratuvar deneyleri ile ilgili bir anket doldurdu. Nitel boyutta ise tüm katılımcılarla bir odak grup görüşmesi gerçekleştirildi. Nicel verilerin analizi, öğretmen adaylarının sanal laboratuvar deneylerine karşı tutumlarında anlamlı bir değişim olduğunu ortaya koydu. Nitel verilerin analizi ise sanal laboratuvarların kullanılmasının kolaylık, sorgulamaya dayalı öğrenme, öz-yönelimli ve özerk öğrenme gibi kavramlara katkı sağladığını gösterdi. Ancak sanal laboratuvarların bilimsel süreç becerilerinin gelişimine yeterince katkıda bulunmadığı ve geleneksel biyoloji laboratuvarlarının alternatifi olamayacağı ifade edildi.

Sharifov (2020) dokuzuncu sınıf lise öğrencilerinin fizik dersinde sanal laboratuvar kullanımının bilimsel bilgi ve gelişmiş beceriler kazanmalarına olan etkisini araştırdı. Araştırmanın bulguları, sanal laboratuvar kullanımının lise öğrencilerinin eleştirel düşünme ve yaratıcılık becerilerini artırdığını gösterdi.

Sanal laboratuvar ve üst bilişsel yapıların veri modelleme yeterlilikleri üzerindeki rolünü araştıran Hung ve Tsai (2020), yarı deneysel bir çalışma tasarlamışlardır. Çalışmaya sekizinci sınıf öğrencileri dahil edilmiştir. Veri modelleme yeterlilikleri, veri modelleme yeterlilik testi ile ölçülmüştür. Bulgular, sanal laboratuvar ve üst bilişsel yapıların veri modelleme yeterliliklerini artırmada etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, sanal laboratuvarlarda üst bilişsel yapının önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır.

Newton Yasası ile ilgili problem çözme becerilerinin STEM tabanlı sanal laboratuvar uygulamalarıyla nasıl geliştirilebileceği Laila ve Anggaryani (2021) tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmanın bulguları, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin Newton Yasası konusunu anlamalarına olumlu katkı sağladığını göstermiştir.

Levonis ve arkadaşları (2021) üniversite öğrencilerine yönelik sanal laboratuvar uygulaması geliştirdiler. Bu uygulama, laboratuvar derslerinde öğrenme materyali olarak kullanılmak üzere tasarlandı. Çalışmanın amacı, geliştirilen sanal laboratuvar turunun öğrenme etkililiğini değerlendirmektir. Öğrencilerden alınan anket verileri, sanal laboratuvar uygulamasının öğrencilerin %100'ü tarafından etkili bir öğrenme aracı olarak algılandığını gösterdi.

Sanal laboratuvar tabanlı ERP öğretim modeli (Engage, Research, Present) ile keşif öğrenimi öğretim modeli arasında bilimsel süreç becerilerinin gelişiminde nasıl bir etki olduğunu Siswanto, Wartini, Muhlisin, Rahayu ve Firmadani (2021) incelemiştir. Araştırmaları, sanal laboratuvar kullanımının ERP öğretim modeli ile birlikte bilimsel süreç becerilerini keşif öğretim modeline kıyasla daha fazla geliştirdiğini ortaya koymuştur.

Bugarso, Cabantugan, Malaco ve Tapucilin (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, sanal ve yüz yüze laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin öğrenme sürecine ve laboratuvar tercihlerine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın bulguları, öğrencilerin uygulamalı laboratuvarlarda sanal laboratuvarlara kıyasla daha fazla düşünme, anlama, gerçekleştirme ve muhakeme becerileri geliştirdiklerini göstermiştir. Bunun yanı sıra, öğrencilerin çoğu öğrenme ortamı, motivasyon ve keyif alma, aktif öğrenmeyi teşvik etme, konfor ve rahatlık gibi faktörler nedeniyle yüz yüze laboratuvarları seçtiklerini belirtmişlerdir.

Evstatiev vd. (2022), mühendislik öğrencilerinin COVID-19 döneminde sanal laboratuvar kullanımına yönelik tutumlarını bir anket aracılığıyla değerlendirmiştir. Anket, Bulgaristan'da öğrenim gören öğrencilere uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, sanal laboratuvarların öğrencilerin motivasyonunu artırdığı ancak yüz yüze laboratuvar deneyimlerinin sanal olanlardan daha fazla öğrenme sağladığı görülmüştür.

Sujono, Maryati ve Jumad (2023), sanal laboratuvar uygulamasının öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerinin gelişimine katkısını incelemiştir. Araştırmalarına göre, fen eğitiminde eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesi için sanal laboratuvar kullanımı, lise ve üniversite seviyelerinde yıllık olarak artış göstermektedir. Ayrıca, araştırmacıların tasarladığı sanal laboratuvarlar, sınıf içinde sorgulama, STEM veya deneysel yöntemler gibi farklı yaklaşımlarla uygulandığında, öğrencilerin eleştirel düşünme yetkinliklerini etkin bir şekilde destekleyebildikleri ortaya çıkmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

III. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu bölüm, araştırmanın metodolojik çerçevesini sunmaktadır. Araştırmanın genel tasarımı, örneklem seçimi, veri toplama süreçleri ve analiz yöntemleri gibi konular detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

3.1. Araştırmanın Yaklaşımı

Bu çalışmada, altıncı sınıf öğrencilerinin Fen Bilimleri dersindeki Maddenin Yapısı ve Özellikleri ünitesinin “Yoğunluk” konusuna yönelik akademik başarıları, ders tutumları ve öğrenme kalıcılığı üzerinde sanal laboratuvar uygulamalarının etkisi incelenmiştir. Araştırma kapsamında, deney grubundaki öğrencilere sanal laboratuvar destekli etkinlikler sunulurken, kontrol grubundaki öğrencilere geleneksel öğretim metotları uygulanmıştır.

3.2. Araştırmanın Modeli

Eğitim-öğretim kurumlarında, öğrencileri rastgele iki gruba ayırarak gerçekleştirilecek deneysel çalışmalar, pratikte uygulanabilirlik açısından zorluklar barındırmaktadır. Bu durum, eğitim süreçlerine olası olumsuz etkileri de beraberinde getirebilmektedir. İşte bu sebeplerden ötürü, mevcut araştırmada yarı deneysel bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu yaklaşımda, var olan sınıflar belirli kriterlere göre eşleştirilerek, deney ve kontrol grupları olarak işleme tabi tutulmuşlardır. Her ne kadar bu yöntemle oluşturulan grupların eşitliği tam olarak garanti edilemese de, rastgele atamanın mümkün olmadığı durumlarda bu yöntem oldukça etkilidir (Büyüköztürk vd., 2014, s. 208). Araştırmada, deney öncesinde ön test uygulaması yapılarak, grupların başlangıçtaki akademik başarıları ölçülmüştür. Öğrencilerin deney ve kontrol gruplarına dağılımı rastgele bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yarı deneysel desenin ayrıntıları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1*Eşleştirilmiş Gruplar Yarı Deneysel Deseni*

Gruplar	Uygulama öncesi	Uygulama anı	Uygulama sonrası
Deney Grubu	Ön test	Sanal laboratuvar uygulaması	Son test
Kontrol Grubu	Ön test	Geleneksel öğretim yöntemi	Son test

3.3. Evren ve Örneklem

Bu araştırmanın kapsamı, 2023-2024 akademik yılında Elazığ merkezinde bulunan altıncı sınıf öğrencileri arasından seçilmiştir. Örneklem olarak, Arif Nihat Asya Ortaokulu'nda eğitim gören 6/A ve 6/B sınıflarındaki öğrenciler belirlenmiştir. Her iki sınıfa da ön test uygulanarak, öğrencilerin başlangıç düzeyleri ölçülmüştür. Elde edilen ön test verileri, t test analizi yöntemiyle analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2*Araştırmaya katılan öğrencilerin ön test puanlarının karşılaştırılması*

Sınıf	n	$\bar{X}$	ss
6A	32	43,75	1,41
6B	35	40,42	2,00

Araştırmada ulaşılan bu bulgular kontrol (6/A) ve deney (6/B) gruplarının “yoğunluk” ünitesine ilişkin ön test puan ortalamalarının benzer düzeyde olduğunu göstermektedir.

3.3. Veri Toplama Araçları**3.3.1. Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi**

Bu araştırmada, 6. sınıf Fen Bilimleri müfredatında yer alan "Yoğunluk" konusuna ilişkin öğrencilerin akademik başarı düzeylerini ve öğrenilen bilgilerin kalıcılığını ölçmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Aslan (2023) tarafından geliştirilen ve

20 çoktan seçmeli sorudan oluşan "Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi" kullanılmıştır. Test, deney ve kontrol gruplarına ön test, son test ve kalıcılık testi olarak üç farklı aşamada uygulanmıştır. Ön test, çalışma başlamadan önce her iki gruba da uygulanarak grupların akademik başarıları açısından başlangıç düzeylerinin karşılaştırılması amacıyla kullanılmıştır. Son test ise çalışma tamamlandıktan sonra her iki gruba da uygulanarak sanal laboratuvar yönteminin geleneksel öğretim yöntemine kıyasla öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisini belirlemek için kullanılmıştır. Kalıcılık testi ise çalışma tamamlandıktan 4 hafta sonra her iki gruba da uygulanarak sanal laboratuvar yönteminin öğrenilen bilgilerin kalıcılığı üzerindeki etkisini araştırmak için kullanılmıştır. Başarı testi sonuçları, her öğrencinin doğru cevapladığı soru sayısına göre 100 puan üzerinden değerlendirilmiştir.

3.3.2. Fene Yönelik Tutum Ölçeği

Araştırmada, Özcan ve Koca (2020) tarafından geliştirilen “Fene Yönelik Tutum Ölçeği” kullanılarak öğrencilerin fen bilimleri dersine yönelik tutumları belirlenmiştir. Ölçek, beşli Likert tipi sorulardan oluşmaktadır ve 49 soru içermektedir. Öğrenciler, ölçekte yer alan maddelere “hiç katılmıyorum” ve “tamamen katılıyorum” düzeylerinde cevap vermişlerdir. Bu araştırmada, Fene Yönelik Tutum Ölçeği ile toplanan verilerin faktör analizine uygunluğu değerlendirilmiştir. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) katsayısı 0.948 olarak hesaplanmış ve bu değer, faktör analizi için uygun bir seviyede olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Barlett testi sonucunda test istatistiği $\chi^2 = 8506.305$ ve p değeri 0.000 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, ölçek maddelerinin faktör analizi için uygun olduğunu desteklemektedir. Faktör analizi sonucunda ölçek maddeleri altı farklı faktöre ayrılmıştır. Bu faktörler ve faktörü oluşturan maddeler aşağıda belirtilmiştir:

1. Duyuşsal Durum: 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 28, 39
2. Yararlılık: 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22
3. Bilişsel Durum: 29, 33, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49
4. Günlük Yaşamla İlişkilendirme: 4, 6, 20, 26, 27, 38, 40
5. İlgisizlik: 30, 32, 34, 35, 37
6. Özyeterlik İnancı: 19, 23, 24, 25, 46, 47

Araştırmada ulaşılan bulgular, Fene Yönelik Tutum Ölçeğinin altı alt boyuttan oluşan geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğunu göstermektedir.

3.4. Araştırma Süreci

Bu çalışma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılının birinci döneminde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, 6. sınıf öğrencilerinin “Yoğunluk” konusundaki (yüzen ve batan cisimler, yoğunluk kavramı, farklı maddelerin ve sıvıların yoğunluğu, su ve buzun özellikleri) kavramsal anlama düzeylerini belirlemektir. Veri toplama aracı olarak, ön test, son test ve kalıcılık testi şeklinde üç aşamalı bir test kullanılmıştır. Testin içeriği Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3

Uygulama Öncesi ve Sonrası Test Sonuçlarının Karşılaştırmalı Analizi

Grup	Uygulamadan önce verilen testler	Uygulama sırasında	Uygulamadan sonra verilen testler	
			Son Test	Kalıcılık Testi
Deney	YKABT	Konu kazanımlarına uygun olarak hazırlanan “Phet” sanal laboratuvar uygulamasıyla ders işlenmiştir.	YKABT	YKABT
	FYTÖ		FYTÖ	
Kontrol	YKABT	MEB fen öğretim programına uygun ders işlenmiştir.	YKABT	YKABT
	FYTÖ		FYTÖ	

Ders işleme basamakları aşağıda verilmiştir:

1. Hafta

Konu: Hangi cisimler yüzer, hangi cisimler batar?

Deney Grubu: “Phet” sanal laboratuvar uygulaması ile strafor, tahta, buz, tuğla, alüminyum... vb. gibi farklı cisimlerin su içerisindeki konumlarını gösteren simülasyonla derslere başlanması

Kontrol Grubu: Konunun geleneksel yöntemlerle işlenmesi

2. Hafta

Konu: Kütle ve hacim yoğunluğu nasıl etkiler?

Deney Grubu: “Phet” sanal laboratuvar uygulaması ile cisimlerin kütle ve hacimlerdeki değişikliklerin yoğunluğu ve suyun içerisindeki konumunu nasıl değiştiğini gösteren simülasyonla derse başlanması

Kontrol Grubu: Konunun geleneksel yöntemlerle işlenmesi

3. Hafta

Konu: Farklı maddelerin yoğunluklarının birbirlerinden farklı olduğunu gösteren simülasyonla derse başlanması

Deney Grubu: “Phet” sanal laboratuvar uygulaması ile strafor, tahta, buz, tuğla, alüminyum... vb. gibi farklı cisimlerin suyun içerisindeki konumunu gösteren simülasyonla derse başlanması

Kontrol Grubu: Konunun geleneksel yöntemlerle işlenmesi

4. Hafta

Konu: Farklı sıvıların yoğunluklarının birbirlerinden farklı olduğunu gösteren simülasyonla derse başlanması

Deney Grubu: “Phet” sanal laboratuvar uygulaması ile su, zeytinyağı, deterjan, bal, alkol... vb. gibi birbirlerine karışmayan farklı sıvıların aynı kap içerisindeki konumlarını gösteren simülasyonla derse başlanması

Kontrol Grubu: Konunun geleneksel yöntemlerle işlenmesi

3.5. Verilerin Analizi

Bu çalışmada elde edilen verilerin analizi, SPSS istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deney ve kontrol gruplarının ön test puanlarının eşitliği, Çoklu Değişkenlerin Analizi (MANOVA) yöntemi ile titizlikle incelenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, her iki grubun ön test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. MANCOVA (Kovaryans Analizi) uygulanmadan önce, aykırı değerlerin taraması, verilerin normal dağılımı, teklik, varyans-kovaryans homojenliği ve çoklu doğrusallık gibi temel ön varsayımlar titizlikle kontrol edilmiştir. Elde edilen bulgular, bu ön varsayımların tamamen sağlandığını göstermiştir. Son test puanlarının gruplar arası farkını incelemek için MANOVA yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, "Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi"nin ön test, son test ve kalıcılık testi puanlarının analizinde ise iki faktörlü karışık ölçümler ANOVA yöntemi tercih edilmiştir. Uygulanan istatistiksel yöntemlerin kalıcılık üzerindeki etkisini belirlemek için ise iki faktörlü ANOVA yöntemi kullanılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

IV. BULGULAR VE YORUM

Bu çalışmanın ilk aşamasında, eksik veri setlerinin kapsamlı bir incelemesi gerçekleştirilmiştir. Bu inceleme, istatistiksel analizlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini etkileyebilecek potansiyel veri kayıplarını ve tutarsızlıkları belirlemeyi amaçlamıştır. İkinci aşamada, deney ve kontrol gruplarının ön test sonuçlarının eşitlik hipotezi Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) kullanılarak test edilmiştir. Bu sayede, grupların başlangıçtaki akademik başarı seviyelerinde anlamlı bir fark olup olmadığı objektif bir şekilde değerlendirilmiştir. Deney ve kontrol gruplarının son test sonuçları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için Kovaryans Analizi (MANCOVA) kullanılmıştır. Bu analiz, ön test sonuçlarındaki farklılıkları kontrol altına alarak, eğitim müdahalesinin akademik başarı üzerindeki net etkisini izole etmeyi mümkün kılmıştır. Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi'nin ön test, son test ve kalıcılık test sonuçlarını analiz etmek için karmaşık tasarımlı ANOVA yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem, hem zamansal değişimi hem de yoğunluk seviyelerini dikkate alarak test sonuçlarındaki değişimleri kapsamlı bir şekilde incelemeyi sağlamıştır. Son olarak, uygulanan eğitim yöntemlerinin öğrenme üzerindeki uzun vadeli etkilerini tespit etmek için iki faktörlü ANOVA analizi yapılmıştır. Bu analizde, yoğunluk seviyeleri ve zaman faktörleri etkileşime girerek, eğitim yöntemlerinin farklı yoğunluk seviyelerinde farklı uzun vadeli etkilere sahip olup olmadığı araştırılmıştır.

4.1. Kayıp Değer Analizi

Araştırma sonuçlarının geçerliliği ve güvenilirliği, bilimsel araştırmanın temel taşlarıdır. Bu bağlamda, kayıp verilerin ele alınması oldukça önemli bir konudur. Kayıp veri, veri toplama sürecinde çeşitli nedenlerden dolayı bir veya birden fazla değişken için gözlem eksikliği olarak tanımlanabilir. Bu durum, örneklemin temsililiğini ve istatistiksel analizlerin gücünü olumsuz etkileyebilir. Farklı araştırma türlerinde ve veri kümelerinde kayıp verilerin ele alınması için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden ilki listwise deletion olarak bilinir ve kayıp veri içeren tüm deneklerin analizden çıkarılmasını içerir (Çokluk, Şekercioğlu ve Büyüköztürk, 2014; Tabachnick ve Fidell, 2015). Bu yöntemin temel mantığı, eksik verilerin analiz sonuçlarını bozmasını önlemektir. Listwise

deletion yöntemi, bazı durumlarda pratik bir çözüm sunsa da, önemli dezavantajları da barındırır. Birincil dezavantajı, örneklemin gücünde önemli bir azalmaya neden olabilmesidir. Özellikle küçük örneklerde kayıp verilerin çok olması, istatistiksel testlerin gücünü zayıflatarak anlamlı sonuçların elde edilmesini zorlaştırabilir. İkinci bir dezavantaj ise, listwise deletion yönteminin kayıp verilerin nedenini göz ardı etmesidir. Kayıp verilerin rastgele mi yoksa sistematik mi olduğu bilinmediği takdirde, analiz sonuçları hatalı yorumlara yol açabilir. Örneğin, deney grubunda araştırmanın bir bölümüne katıldıktan sonra okulu bırakan ve son teste katılmayan bir öğrencinin gruptan çıkarılması, bu öğrencinin düşük puan alma olasılığının daha yüksek olması gibi bir durumu maskeleyebilir. Aynı şekilde, sınıf değişikliği nedeniyle son teste katılmayan bir öğrenci de kontrol grubundan çıkarılabilir. Bu durum, kontrol grubunun ortalama puanını yapay olarak yükselterek gruplar arası farkın göz ardı edilmesine yol açabilir.

Kayıp verilerin ele alınmasında kullanılan bir diğer yöntem ise yaklaşık değer atama veya kestirmeler yapmaktır. Bu yöntem, nicel değişkenler için uygulanabilir ve üç temel yaklaşımı içerir: ortalama değer atama, geçmiş bilgileri kullanma ve regresyon (Çokluk vd., 2012). Mevcut çalışmada ortalama değer atama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, elde edilen verilerden ortalama değerler hesaplanarak, bu ortalamalar kayıp veri içeren değişkenlere aktarılır (Tabachnick ve Fidell, 2015). Ortalama değer atama işlemi, temel analizler gerçekleştirilmeden önce yapılır (Çokluk et al., 2012). Bu çalışmada, fen tutum ölçeği ve fen bilimleri motivasyon ölçeğinde yer alan ve katılımcılar tarafından boş bırakılan maddelere ait verilerin işlenmesi için ortalama değer atama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, eksik verilerin neden olduğu bilgi kaybını en aza indirmeyi ve bulguların genel geçerliliğini korumayı amaçlamaktadır (Tablo 4). Bu yöntemin seçilmesinin temel nedeni, ölçeklerin ortalama puanlarının geçerlilik ve güvenilirliklerinin önceden test edilmiş olmasıdır. Bu sayede, kayıp verilerin tamamlanması için sağlam bir temel oluşturulmuştur. Öğrencilerin bu konudaki soruları boş bırakmaları veya cevaplayamamaları, test puanlarının hesaplanmasında yanlış cevap olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4*Düzeltilmiş kayıp değerler*

Sonuç değişkeni	Değiştirilmiş kayıp değer sayısı	Geçerli değer sayısı
Başarı testi 1. soru	2	67
Başarı testi 2. soru	1	67
Başarı testi 6. soru	3	67
Başarı testi 9. soru	2	67
Başarı testi 10. soru	3	67
Başarı testi 13. soru	1	67
Başarı testi 14. soru	1	67
Başarı testi 18. soru	6	67
Başarı testi 19. soru	4	67
Başarı testi 20. soru	2	67

4.2. Çok Değişkenli Kovaryans Analizi (MANOVA) ile Ön Test Sonuçlarına Dayalı Grup Karşılaştırmaları

Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA), birden fazla yanıt değişkeninin bir veya iki faktörden nasıl etkilendiğini incelemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntem, deneysel ve kontrol grupları arasındaki farkları karşılaştırarak araştırmada kullanılan faktörlerin yanıt değişkenleri üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlar. MANOVA'yı kullanmadan önce, verilerin temel varsayımlara uygunluğunun kontrol edilmesi önemlidir. Bu varsayımlar şunlardır:

4.2.1. Betimsel İstatistikler Aracılığıyla Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) Uygulamaları

Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA), iki veya daha fazla bağımlı değişken arasındaki ortalama farkları incelemek için kullanılan istatistiksel bir tekniktir. MANOVA kullanmadan önce, verilerin temel varsayımlara uygunluğunun kontrol edilmesi önemlidir. Bu varsayımlardan biri de normallik varsayımdır. Bu varsayım, hem yanıt değişkenlerinin hem de faktörlerin normal dağılım göstermesi gerektiğini belirtir. Normallik varsayımını kontrol etmek için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu çalışmada, betimsel istatistikler yoluyla normallik varsayımı incelenmiştir. Bu amaçla, Yoğunluk

Konusu Akademik Başarı Testi ve Fene Yönelik Tutum Ölçeği alt boyutları için ön test puan ortalamaları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

4.2.1.1. Betimsel İstatistikler: Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi Ön Test Puanları

Tablo 5, Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi (YKABT) ön test puanlarına ilişkin betimsel istatistikleri sunmaktadır. YKABT ön testinin puan aralığı 0-100 arasındadır. Tabloda da görüldüğü üzere, tüm öğrencilerin YKABT ön testinden aldıkları ortalama puan 42,01'dir. En düşük ve en yüksek puanlar ise sırasıyla 25 ve 70'dir. Analize başlamadan önce, temel varsayımların kontrol edilmesi önemli bir adımdır. Bu kapsamda, aykırı değerlerin varlığı incelenmiş ve herhangi bir aykırı değerle karşılaşılmamıştır. Normallik testi sonuçları, deney grubunun YKABT ön test puanlarının normal dağılım gösterdiğini ($p > 0.05$) ortaya koymaktadır. Buna karşın, kontrol grubunun YKABT ön test puanlarının normal dağılım göstermediği ($p < 0.05$) gözlemlenmiştir.

Tablo 5

Yoğunluk konusu akademik başarı testi ön test puanlarına ilişkin betimsel istatistikler

Grup	N	X	ss	t test	p	Min.	Max.	Çarpıklık	Basıklık
Kontrol	32	43,75	8,03	1,331	,073	30	60	-,062	-,231
Deney	35	40,42	11,84			25	70	,638	,442
Toplam	67	42,01	10,26			25	70	,300	,301

Tablo 5 incelendiğinde kontrol grubunun ön test puan ortalamalarının deney grubuna oranla nispeten daha iyi seviyede oldukları görülmektedir.

4.2.1.2. Betimsel İstatistikler: Fene Yönelik Tutum Ölçeği

Tablo 6, tüm öğrencilerin FYTÖ'den aldıkları ortalama puanı 2,86'dır. Bu değer, ölçeğin 5 puanlık likert tipi bir ölçek olması göz önüne alındığında, öğrencilerin genel olarak fene yönelik olumlu bir tutuma sahip olduğunu göstermektedir. Minimum ve maksimum puan aralığı ise 2,24-3,49'dur. Bu aralık, puanların orta düzeyde bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Standart sapma değeri 0,35 olarak belirlenmiş olup, bu da puanların ortalama civarında toplandığını ve aşırı uç değerlerin az olduğunu göstermektedir. Analize başlamadan önce, FYTÖ ön test puanlarının normal dağılım

gösterip göstermediği gibi temel varsayımların kontrol edilmesi önemlidir. Bu bağlamda, aykırı değerlerin varlığı araştırılmış ve herhangi bir problemle karşılaşmamıştır. Shapiro-Wilk normallik testi sonuçlarına bakıldığında ise, gruplardaki öğrencilerin FYTÖ ön test ortalamalarının normal dağılım gösterdiği ($p > 0,05$) görülmüştür.

Tablo 6

Fene Yönelik Tutum Ölçeği ön test puanlarına ilişkin betimsel istatistikler

Alt Boyutlar	Grup	N	X	ss	t test	p	Min.	Max.	Çarpıklık	Basıklık
Duyuşsal Durum	Kontrol	32	3,08	,39	,208	,583	2,09	4,09	,504	1,203
	Deney	35	3,06	,41			2,09	3,91	,284	-,031
	Toplam	67	3,07	,40			2,09	4,09	,371	,393
Yararlılık	Kontrol	32	3,12	,52	-,041	,162	2,22	4,22	,093	-,855
	Deney	35	3,12	,41			2,33	3,89	,271	-1,005
	Toplam	67	3,12	,46			2,22	4,22	,154	-,825
Bilişsel Durum	Kontrol	32	2,62	,42	-3,223	,924	1,70	3,50	,136	-,479
	Deney	35	2,94	,39			2,40	3,70	,405	-1,076
	Toplam	67	2,78	,43			1,70	3,70	,116	-,453
Günlük yaşamla ilişkilendirme	Kontrol	32	3,30	,47	,833	,293	2,29	4,14	-,259	-,255
	Deney	35	3,19	,55			1,86	4,14	-,304	-,300
	Toplam	67	3,24	,51			1,86	4,14	-,323	-,255
İlgisizlik	Kontrol	32	2,33	,63	1,124	,346	1,00	4,00	,425	,498
	Deney	35	2,17	,53			1,20	3,60	,530	,427
	Toplam	67	2,25	,58			1,00	4,00	,516	,456
Özyeterlik inancı	Kontrol	32	2,27	,38	-2,725	,072	1,67	3,17	,414	-,064
	Deney	35	2,57	,50			1,83	3,67	,088	-,800
	Toplam	67	2,42	,47			1,67	3,67	,435	-,558
TOPLAM	Kontrol	32	2,83	,31	-,836	,576	2,29	3,43	,235	-,787
	Deney	35	2,90	,28			2,24	3,49	,055	-,381
	Toplam	67	2,86	,30			2,24	3,49	,119	-,667

Tablo 6’da gruplar arasında, FYTÖ ölçeği ve alt boyutlarına ilişkin ön test puanları bakımından anlamlı düzeyde bir farklılığın bulunmadığı görülmektedir.

4.2.2. Çok Değişkenli Varyans Analizi Sayıltılarının Kontrol Edilmesi

Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA), birden fazla yanıt değişkeninin bir veya iki faktörden nasıl etkilendiğini incelemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntemin geçerli ve güvenilir sonuçlar üretebilmesi için, verilerin belirli varsayımlara uygun olması gerekir. Bu varsayımlar şunlardır:

4.2.2.1. Örneklem Büyüklüğü

Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA), birden fazla yanıt değişkeninin bir veya iki faktörden nasıl etkilendiğini incelemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntemin geçerli ve güvenilir sonuçlar üretebilmesi için, örneklem büyüklüğünün belirli bir seviyenin üzerinde olması gerekir. Yeterli örneklem büyüklüğü, istatistiksel testlerin gücünü artırır. Güç, gerçek bir etkiyi algılama olasılığını temsil eder. Örneklem büyüklüğü ne kadar büyükse, analiz gerçek bir etkiyi kaçırabilme olasılığı o kadar düşüktür. MANOVA'da, varyans-kovaryans matrislerinin homojenliği varsayımı önemlidir. Bu varsayım, deney ve kontrol grupları arasında varyansların benzer olduğunu varsayar. Yeterli örneklem büyüklüğü, bu varsayımın değerlendirilmesini ve ihlalinin minimize edilmesini sağlar. Genel olarak, her grupta bağımlı değişkenlerin sayısından daha fazla öğrenci olması önerilmektedir. Bu araştırmada, bağımlı değişken sayısı üç ve örnekleme katılan öğrenci sayısı 67'dir. Bu, her grupta yaklaşık olarak 22 öğrenci olduğu anlamına gelir. Bu sayı, MANOVA analizinde yeterli bir örneklem büyüklüğü olarak kabul edilir (Tabachnick ve Fidell, 2015; Pallant, 2017).

4.2.2.2. Normallik Sayıltısı

Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) gibi istatistiksel yöntemlerin geçerliliğini ve güvenilirliğini sağlamak için değişkenlerin normal dağılım göstermesi önemlidir. Normal dağılım, veri noktalarının ortalama değere yakın bir şekilde dağıldığı ve uç değerlerin az olduğu bir dağılım şeklidir. Normallik değerlendirmesi, grafiksel ve istatistiksel olmak üzere iki temel yöntemle gerçekleştirilebilir. MANOVA analizinde, hem yanıt değişkenlerinin hem de faktörlerin normal dağılım göstermesi gerekir. Normallik ihlali durumunda, veri dönüşümleri veya farklı istatistiksel testler kullanılabilir. Bu çalışmada, Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi (YBAT) ön test puanları ve Fene Yönelik Tutum Ölçeği (FYTÖ) ve alt boyutları ön test puanlarının normallik dağılımı, Tablo 5 ve Tablo 6'da sunulan betimsel istatistikler aracılığıyla incelenmiştir. Her iki tabloda da çarpıklık ve basıklık katsayılarının sıfıra yakın olduğu görülmektedir. Bu durum, verilerin normal dağılıma yakın olduğunu göstermektedir. Her bir grupta örneklem büyüklüğünün 20 ve üzerinde olması, normallik varsayımı ihlal edilse bile, parametrik istatistiksel testlerin kullanımı için yeterli sayıda gözlemi temsil ettiğini göstermektedir (Tabachnick & Fidell, 2015; Pallant, 2017).

4.2.2.3. Uç Değerler

Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA), birden fazla yanıt değişkeninin bir veya iki faktörden nasıl etkilendiğini incelemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. MANOVA, uç değerlere karşı oldukça hassastır. Uç değerler, çalışmadaki puanların dağılımlarından önemli ölçüde farklılık gösteren puanlardır. Bu tür puanlar, analizin sonuçlarını bozabilir ve hatalı yorumlara yol açabilir. Bu nedenle, MANOVA analizinden önce çok değişkenli uç değerlerin kontrol edilmesi önemlidir. Bu amaçla, Mahalanobis uzaklığı kullanılabilir. Mahalanobis uzaklığı, bir veri noktasının ortalama veri noktasından ne kadar uzak olduğunu ölçen bir istatistiksel ölçüdür. Bu araştırmada, YKABT ve FYTÖ ön test puanları için Mahalanobis uzaklığı kullanarak çok değişkenli uç değerler kontrol edilmiştir. Araştırmada Her iki bağımlı değişken için de kritik Mahalanobis uzaklık değeri 15,92 olarak belirlenmiştir. FYTÖ alt boyutunda altı alt boyut olduğu için altı tane bağımlı değişken olarak analize dahil edilmiştir. Bu altı bağımlı değişken için ise kritik Mahalanobis uzaklık değeri 23,84 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bu araştırmadaki maksimum Mahalanobis uzaklık değeri 20,72'dir. Bu araştırmada, bağımlı değişken sayısı için belirlenen kritik değerleri aşan bir uç değer gözlenmemiştir.

4.2.2.4. Doğrusallık

Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA), birden fazla yanıt değişkeninin bir veya iki faktörden nasıl etkilendiğini incelemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. MANOVA'nın geçerli ve güvenilir sonuçlar üretebilmesi için, doğrusallık varsayımının sağlanması önemlidir. Doğrusallık varsayımı, bağımlı değişkenler ile faktörler arasında düz bir çizgisel ilişki olduğunu varsayar. Bu varsayım, değişkenler arasındaki ilişkilerin basit ve anlaşılır olduğunu gösterir (Tabachnick ve Fidell, 2015, s. 281). Bu araştırmada, doğrusallık varsayımı görsel incelemelerle değerlendirilmiş ve sağlandığı sonucuna varılmıştır. Ancak, ilerde daha kapsamlı bir değerlendirme için istatistiksel testler de kullanılabilir.

4.2.2.5. Çoklu Ortak Doğrusallık ve Tekillik

Çoklu ortak doğrusallık, bağımlı değişkenler arasında yüksek korelasyon veya etkileşimlerin var olduğu bir durumu ifade eder. Pallant (2017)'a göre, bu durum, bağımlı

değişkenlerin birbirleriyle yüksek oranda ilişkili olduğunu ve bunlardan birinin regresyon modelinden çıkarılması gerektiğini gösterir. Yüksek korelasyon seviyesi, genellikle 0,8 veya 0,9 gibi eşik değerlerle belirlenir. Çalışmada sunulan tabloda, bağımlı değişkenler arasındaki etkileşimlerin bu eşik değerlerin altında olduğu görülmektedir. Bu durum, çoklu ortak doğrusallık varsayımının ihlal edilmediğini ve MANOVA yönteminin uygun bir şekilde kullanılabileceğini gösterir. Ancak, çoklu ortak doğrusallık probleminin varlığını kesin olarak teyit etmek için ek analizler yapılması da faydalı olabilir. Bu analizler, VIF (Variance Inflation Factor) veya korelasyon matrisi gibi istatistiksel araçlar kullanılarak gerçekleştirilebilir. Sonuç olarak, çoklu ortak doğrusallık kavramı ve MANOVA yönteminin kullanımı, bağımlı değişkenler arasındaki ilişkileri ve modele dahil edilmesi gereken değişkenleri belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Bu konuda yapılan detaylı analizler, daha sağlam ve güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilir.

Tablo 7

Akademik başarı testi ve tutum testi arasındaki ilgileşimler

Ön Test	YKABT	FYTÖ
YKABT	1,000	,183
FYTÖ	,183	1,000

* 0,05 alpha kullanılarak hesaplanmıştır.

4.2.3. MANOVA Yöntemiyle Ön Test Sonuçlarının Karşılaştırmalı Analizi

Bu çalışmada, YKABT ve FYTÖ sınavlarının ön test sonuçlarını gruplara göre karşılaştırmak için Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) yöntemi kullanılmıştır. MANOVA, birden fazla bağımlı değişkenin birden fazla bağımsız değişkene göre farklılık gösterip göstermediğini test eden istatistiksel bir tekniktir. Bu çalışmada, YKABT ve FYTÖ sınavlarının alt boyutları da bağımlı değişken olarak ele alınmıştır.

4.2.3.1. Öğrenci Gruplarının YKABT ve FYTÖ Ön Test Skorlarının İstatistiksel Karşılaştırması

Grupların, YKABT ve FYTÖ ön test puanları temel alınarak değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu kısımda, H_0 aşağıda belirtilen prosedür doğrultusunda sınanmıştır.

H_0 : Deney ve kontrol grupları arasında YKABT ve FYTÖ sınavlarının ön test puan ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Tablo 8*Grupların YKABT ve FYTÖ ön test puanlarına ilişkin MANOVA analizi sonuçları*

Etki	Wilks Lambdası	F	Hipotez sd'si	Hata sd's	ρ	Kısmi eta kare
Kesişim	,009	3500,527	2	64	,001	,991
Grup	,963	1,235	2	64	,298	,037

Tablo 9*YKABT, FYTÖ ve alt boyutları için gruplar arası etkiler analizi*

Kaynak	Bağımlı değişken (ön testler)	ss	F	p	Kısmi eta kare
Kesişim	YKABT	1	1137,529	,001	,946
	FYTÖ	1	6060,521	,001	,989
Grup	YKABT	1	1,771	,188	,027
	FYTÖ	1	,699	,406	,011

Bu çalışmada, YKABT ve FYTÖ sınavlarının ön test puanları ve alt boyutları, Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) kullanılarak deney ve kontrol grupları arasında karşılaştırılmıştır. MANOVA'dan önce, ön analizler ile tek değişkenli ve çok değişkenli uç değerler, doğrusallık, normallik, varyans-kovaryans matrislerinin homojenliği ve çoklu ortak doğrusallık varsayımları kontrol edilmiş ve ciddi ihlallerin olmadığı gözlemlenmiştir. MANOVA sonuçları, YKABT ve FYTÖ ön test ortalamalarında gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmadığını göstermiştir ($p > 0,05$). Fakat, pratik açıdan gruplar arasında düşük düzeyde bir fark olduğu gözlemlenmiştir ($F(2, 64) = 1,235$; $p = 0,298$; Wilks Lambdası = ,963; kısmi eta kare = 0,037) (Tablo 8). Deney ve kontrol gruplarına göre ayrı ayrı yapılan analizler de, YKABT ve FYTÖ ön test puanları arasında ne istatistiksel ne de pratik açıdan anlamlı bir fark bulunmadığını göstermiştir (Sırasıyla $F(2, 64) = 1,771$; $p = ,188$; kısmi eta kare = 0,027, $F(2, 64) = ,699$; $p = ,406$, kısmi eta kare = ,011) (Tablo 9).

4.3. Grup Performanslarının Son Test Değerlendirme Sonuçlarına Dayalı Analizi

Bu bölümde, YKABT, FYTÖ ve Kalıcılık Testi'nin son test puanları, deney ve kontrol grupları arasında Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular aşağıdaki başlıklarda sunulmuştur:

4.3.1. Betimsel İstatistikler Aracılığıyla Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) Uygulamaları

MANOVA analizinin temel varsayımlarının sağlanması amacıyla, Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi ve Fene Yönelik Tutum Ölçeğinin alt boyutlarına ait son test puan ortalamaları, betimleyici istatistik yöntemleri kullanılarak ayrı ayrı incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda, her iki ölçekte de normal dağılımın sağlandığı ve gruplar arası varyans homojenliği varsayımının da ihlal edilmediği gözlemlenmiştir.

4.3.1.1. Betimsel İstatistikler: Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi Son Test Puanları

Tablo 10, Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi (YKABT) son test puanları için betimsel istatistikleri sunmaktadır. YKABT son testinde alınabilecek en yüksek puan 100'dür. Tabloda görüldüğü gibi, tüm öğrencilerin YKABT son testinden aldıkları puan ortalaması 73,21'dir. Minimum ve maksimum puan aralığı ise 45-100'dir. Analizi gerçekleştirmeden önce, ilgili varsayımların kontrol edilmesi önemlidir. Bu bağlamda, aykırı değerlerin varlığı araştırılmış ve herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır. Normallik testi sonuçlarına bakıldığında, hem deney hem de kontrol grubunun YKABT son test puanlarının normal dağılım gösterdiği ($p > 0.05$) görülmüştür.

Tablo 10

Yoğunluk konusu akademik başarı testi son test puanlarına ilişkin betimsel istatistikler

Grup	N	X	ss	t test	p	Min.	Max.	Çarpıklık	Basıklık
Kontrol	32	64,84	8,65	-7,119	,439	45	85	-,267	,828
Deney	35	80,85	9,66			60	100	-,153	,002
Toplam	67	73,21	12,2			45	100	,017	-,265

Tablo 10 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir farkın olmadığı ($p > ,05$) ancak deney grubu ile kontrol grubu puan ortalamaları arasında 16,01 puanlık bir fark olduğu ve bu farkın deney grubu lehine olduğu görülmektedir.

4.3.1.2. Betimsel İstatistikler: Fene Yönelik Tutum Ölçeği

Tablo 11, Fene Yönelik Tutum Ölçeği (FYTÖ) son test puanları için betimsel istatistikleri sunmaktadır. Tabloda görüldüğü gibi, tüm öğrencilerin FYTÖ'den aldıkları

puanların ortalaması 2,86'dır. Minimum ve maksimum puan aralığı ise 2,24-3,49'dur. Bu aralık, puanların orta düzeyde bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Standart sapma değerleri de bu bulguyu desteklemektedir. Analizi gerçekleştirmeden önce, ilgili varsayımların kontrol edilmesi önemlidir. Bu bağlamda, aykırı değerlerin varlığı araştırılmış ve herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır. Normallik testi sonuçlarına bakıldığında, gruplardaki öğrencilerin FYTÖ son test ortalamalarının normal dağılım gösterdiği ($p > 0.05$) görülmüştür. Ancak, örneklem büyüklüğünün 20'nin üzerinde olması nedeniyle, normallik ihlalinin analizin sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahip olması beklenmemektedir (Tabachnick ve Fidell, 2015; Pallant, 2017).



Tablo 11*FYTÖ son test puanlarına ilişkin betimsel istatistikler*

Alt Boyutlar	Grup	N	X	ss	t test	p	Min.	Max.	Çarpıklık	Basıklık
Duyuşsal	Kontrol	32	3,03	,57	-6,379	,333	1,82	4,18	,068	-,422
Durum	Deney	35	3,54	,48			2,42	4,51	-,039	,015
	Toplam	67	3,30	,583			1,82	4,51	-,167	-,280
Yararlılık	Kontrol	32	3,24	,49	-3,956	,270	2,11	4,33	,065	-,090
	Deney	35	3,66	,520			2,71	4,73	,021	-,683
	Toplam	67	3,46	,547			2,11	4,73	,084	-,398
Bilişsel	Kontrol	32	3,18	,34	-3,460	,777	2,70	4,00	,691	-,390
Durum	Deney	35	3,70	,277			3,00	4,10	-,579	,109
	Toplam	67	3,45	,405			2,70	4,10	-,172	-1,138
Günlük	Kontrol	32	3,09	,54	-6,846	,136	1,86	4,14	,184	-,243
yaşamla	Deney	35	3,71	,487			2,46	4,74	,023	,616
ilişkilendirme	Toplam	67	3,41	,599			1,86	4,74	-,074	-,206
İlgisizlik	Kontrol	32	2,31	,64	-4,918	,371	1,00	4,60	1,323	4,112
	Deney	35	2,82	,464			1,80	3,60	-,266	-,507
	Toplam	67	2,57	,612			1,00	4,60	,304	,838
Özyeterlik	Kontrol	32	2,81	,59	-3,727	,307	1,83	4,17	,491	,007
inancı	Deney	35	3,50	,445			2,27	4,40	-,465	1,538
	Toplam	67	3,17	,623			1,83	4,40	-,239	-,530
TOPLAM	Kontrol	32	3,00	,40	-5,441	,157	2,33	4,16	,806	1,029
	Deney	35	3,56	,32			3,03	4,55	,666	1,138
	Toplam	67	3,29	,455			2,33	4,55	,087	-,206

Tablo 11 incelendiğinde kontrol ve deney grupları arasında, FYTÖ ölçeği ve alt boyutlarına ilişkin ön test puan ortalamaları bakımından anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, her iki grubun da uygulama sonrasında fene yönelik tutumlarının benzer düzeyde olduğunu göstermektedir.

4.3.1.3. Betimsel İstatistikler: Kalıcılık Testi

Tablo 12, Kalıcılık testi puanları için betimsel istatistikleri sunmaktadır. Tabloda görüldüğü gibi, tüm öğrencilerin kalıcılık testinden aldıkları puanların ortalaması 57,68'dir. Minimum ve maksimum puan aralığı ise 35-90'dır. Bu aralık, puanların orta düzeyde bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Standart sapma değerleri de bu bulguyu desteklemektedir. Analizi gerçekleştirmeden önce, ilgili varsayımların kontrol edilmesi önemlidir. Bu bağlamda, aykırı değerlerin varlığı araştırılmış ve herhangi bir problemle karşılaşılmemiştir. Normallik testi sonuçlarına bakıldığında, gruplardaki öğrencilerin kalıcılık testi puan ortalamalarının normal dağılım gösterdiği ($p > 0.05$) görülmüştür. Ancak, örneklem büyüklüğünün 20'nin üzerinde olması nedeniyle,

normallik ihlalinin analizin sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahip olması beklenmemektedir (Tabachnick ve Fidell, 2015; Pallant, 2017).

Tablo 12

Yoğunluk konusu kalıcılık testi puanlarına ilişkin betimsel istatistikler

Grup	N	X	ss	t test	p	Min.	Max.	Çarpıklık	Basıklık
Kontrol	32	47,18	7,71	-8,689	,478	35	60	,153	-,988
Deney	35	67,28	10,80			35	90	-,244	1,939
Toplam	67	57,68	13,799			35	90	,251	-,453

Tablo12’de grupların son test puanlarının istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde farklılaşmadığı ($p>,05$) ancak YKABT son test puanları arasında 20,1 puanlık bir fark olduğu ve bu farkın deney grubu lehine olduğu görülmektedir.

4.3.2. YKABT, FYTÖ ve Kalıcılık Test Puanları Bakımından Grupların Karşılaştırılması

Bu çalışmada, YKABT, FYTÖ ve Kalıcılık Testi’nin son test puanları ile ön test puanları arasındaki ilişki etkileşim analizleri kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, tüm son test puanları ile anlamlı bir etkileşim gözlemlenmiştir (Tablo 13).

Tablo 13

Grupların YKABT, FYTÖ ve alt boyutları ön test puanlarına ilişkin MANOVA analizi sonuçları

Etki	Wilks Lambdası	F	Hipotez sd’si	Hata sd’s	ρ	Kısmi eta kare
Kesişim	,005	4582,982	3	63	,001	,995
Grup	,273	55,960	3	63	,001	,727

Bu çalışmada, YKABT ve FYTÖ sınavlarının ön test sonuçlarını gruplara göre karşılaştırmak için Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) yöntemi kullanılmıştır. YKABT ve FYTÖ sınavlarının alt boyutları da bağımlı değişken olarak ele alınmıştır.

Grupların, YKABT, FYTÖ son test puanları ve Kalıcılık Testi puanları temel alınarak değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu kısımda, H_0 aşağıda belirtilen prosedür doğrultusunda sınanmıştır.

H_0 : Deney ve kontrol grupları arasında YKABT, FYTÖ sınavlarının son test ve Kalıcılık Testi puan ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Tablo 14

YKABT, FYTÖ ve alt boyutları için gruplar arası etkiler analizi

Kaynak	Bağımlı değişken (ön testler)	ss	F	p	Kısmi eta kare
Kesişim	YKABT	1	4195,043	,001	,985
	FYTÖ	1	5547,532	,001	,988
	Kalıcılık	1	2448,995	,001	,974
Grup	YKABT	1	50,673	,001	,438
	FYTÖ	1	40,692	,001	,385
	Kalıcılık	1	75,491	,001	,537

Bu çalışmada, YKABT, FYTÖ ve kalıcılık testi sınavlarının son test puanları ve alt boyutları, Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) kullanılarak deney ve kontrol grupları arasında karşılaştırılmıştır. MANOVA'dan önce, ön analizler ile tek değişkenli ve çok değişkenli uç değerler, doğrusallık, normallik, varyans-kovaryans matrislerinin homojenliği ve çoklu ortak doğrusallık varsayımları kontrol edilmiş ve ciddi ihlallerin olmadığı gözlemlenmiştir. MANOVA sonuçları, YKABT, FYTÖ ve kalıcılık testine ilişkin son test ortalamalarında gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde bir farkın bulunduğunu göstermiştir ($F(3, 63) = 55,960$; $p < 0,001$; Wilks Lambdası = 0,273; kısmi eta kare = 0,727) (Tablo 14). Deney ve kontrol gruplarına göre ayrı ayrı yapılan analizler de, YKABT, FYTÖ ve Kalıcılık Testine ilişkin son testler arasında istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde bir farklılığın bulunduğu görülmüştür (Sırasıyla $F(3, 63) = 50,673$; $p = 0,001$; kısmi eta kare = 0,438, $F(3, 63) = 40,692$; $p = 0,001$, kısmi eta kare = 0,385, $F(3, 63) = 75,491$; $p = 0,001$; kısmi eta kare = 0,537) (Tablo 14). Sonuç olarak, elde edilen bulgular, deney ve kontrol gruplarının YKABT, FYTÖ ve Kalıcılık testi son test puanları bakımından birbirlerinden farklı olduğunu göstermektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

V. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Araştırmanın bu bölümünde, veri toplama araçlarından elde edilen bulgular literatür çerçevesinde ele alınmış ve çeşitli öneriler sunulmuştur. Yapılan analizlerde, deney grubundaki öğrencilerin, kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla YKABT ve FYTÖ son testlerinde düzeltilmiş ortalama puanlarda üstünlük sağladıkları tespit edilmiştir. Bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının belirlenmesi için MANOVA testi uygulanmıştır. Test sonuçları, deney ve kontrol grupları arasında YKABT ve FYTÖ son test puanları bakımından hem istatistiksel hem de pratik anlamda belirgin bir farklılık olduğunu göstermiştir. Hangi testler arasında anlamlı bir fark olduğunu saptamak amacıyla yapılan MANOVA analizi, YKABT ve FYTÖ son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pratikte büyük bir farklılık olduğunu ortaya koymuştur. Deney grubundaki öğrencilerin son test ortalamaları, kontrol grubundaki öğrencilere göre daha yüksek olduğundan, bu fark deney grubunun lehine bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bu bulgular, sanal laboratuvar uygulamalarının, geleneksel öğretim yöntemleriyle eğitim gören kontrol grubu öğrencilerine kıyasla, deney grubu öğrencilerinin Yoğunluk konusundaki başarısını daha fazla artırdığını göstermektedir. Okul ortamında yapılan gözlemler, öğrencilerin yoğunluk konusunu günlük yaşamlarında sıkça kullanmadıklarını, bu konunun pratikte sınırlı bir yere sahip olduğunu ve bu nedenle yoğunluk konusunun öğrenilmesinin gereksiz olduğunu düşündüklerini ortaya koymuştur. Ancak, sanal laboratuvar uygulamaları sayesinde öğrenciler; farklı malzemelerden yapılan gemilerin su üzerindeki konumlarını, helyum balonlarının uçuş yeteneklerini, kütlesi az olmasına rağmen demir bir misketin batmasını ve kütlesi daha fazla olan bir tahta topun yüzebilmesini, ağırlık artışına bağlı olarak cisimlerin yoğunluklarının ve su içerisindeki konumlarının nasıl değiştiğini, birbirine karışmayan farklı sıvıların konumlarını, kütle ve hacim değişimlerinin maddelerin yoğunlukları ve sıvı içerisindeki konumlarına olan etkisini, kuyumculukta altın kırıntılarını ayırmak için yoğunluk farkının nasıl kullanıldığını ve hastanelerde kan hücrelerinin santrifüj cihazıyla yoğunluklarına göre nasıl ayrıldığını gözlemleyerek, yoğunluğun günlük yaşamdaki geniş kullanım alanlarını keşfetmişlerdir. Bu tür gözlemler, öğrencilerin konuya dair önyargılarını aşmalarına ve konuyu günlük yaşamla ilişkilendirmelerine olanak tanımış, böylece akademik başarılarının artmasına katkıda

bulunmuştur. Son dönemde yapılan araştırmalar, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin fen bilimleri derslerindeki akademik başarıları üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Tüter'in 2024 yılında gerçekleştirdiği çalışma, ortaöğretim düzeyindeki fizik dersinin “Elektrik ve Manyetizma” ünitesine ait “Akım, Potansiyel Fark, Direnç” ve “Elektrik Devreleri” konularının öğreniminde sanal laboratuvar uygulamalarının etkinliğini nicel yöntemlerle değerlendirmiştir. Bu çalışmada, onuncu sınıf öğrencilerinin akademik performansları ve derslere olan tutumları incelenmiş, deney ve kontrol grupları arasında karşılaştırmalı bir metodoloji izlenmiştir. Deney grubuna sanal laboratuvar tabanlı öğretim metodu uygulanırken, kontrol grubu geleneksel öğretim yöntemleriyle eğitim almıştır. Araştırma sonuçları, sanal laboratuvar uygulamalarının kullanıldığı deney grubunun, kontrol grubuna kıyasla daha yüksek test puanlarına ulaştığını ve bu uygulamaların öğrencilerin akademik başarılarını artırmada etkili olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Ünal'ın 2019'daki çalışması beşinci sınıf öğrencilerinin akademik performansları üzerinde gerçek ve sanal laboratuvar ortamlarının etkilerini karşılaştırmıştır. Yarı deneysel tasarım ve ön test-son test metodu kullanılan bu araştırma, deney grubunda kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme olduğunu belirlemiştir. Özeler'in 2024 yılında yaptığı çalışma ise, ortaokul öğrencilerine maddenin tanecikli yapısının öğretiminde sanal laboratuvar tekniklerinin geleneksel yöntemlere göre daha etkili olduğunu göstermiştir. Bu araştırma, iki farklı devlet okulundan seçilen 191 yedinci sınıf öğrencisi üzerinde yarı deneysel bir yaklaşımla gerçekleştirilmiş ve $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde deney grubunun lehine sonuçlar elde edilmiştir. Gökulu'nun 2013 yılındaki çalışması, altıncı sınıf öğrencilerinin “Maddenin Tanecikli Yapısı” konusunu bilgisayar destekli öğretim materyalleri ile öğrenimindeki başarıları ve kavram yanılgılarını incelemiştir. Bu çalışma, deney grubu öğrencilerinin daha başarılı olduğunu ve kontrol grubu öğrencilerinde yüksek seviyede kavram yanılgısı oluştuğunu tespit etmiştir. Yerden'in 2020 yılındaki çalışması, zenginleştirilmiş sanal gerçeklik destekli internet tabanlı uzaktan erişimli laboratuvar tasarımı ve uygulamasının etkinliğini vurgulamış ve deney grubu öğrencilerinin kontrol grubuna göre %45 daha fazla başarı elde ettiğini belirtmiştir. Hançer, Aydoğan ve Çankaya'nın 2021 yılında geliştirdikleri ‘Temel Fen Laboratuvarı Başarı Testi’ ile yapılan araştırma, öğrencilerin akademik başarılarında gözle görülür bir artış olduğunu göstermiştir. Çetin ve Cengiz'in 2021 yılındaki çalışması, laboratuvar uygulamalarının fen bilgisi öğretmen adaylarının

akademik başarılarına ve tutumlarına etkisini incelemiş ve laboratuvarlarda gerçek dokularla ders yapan deney grubundaki katılımcıların, kontrol grubundakilere göre anlamlı düzeyde farklılık oluşturdıklarını belirlemiştir. Iwai'nin 2020 yılındaki araştırması, eğitimcilerin ve öğrencilerin teknolojik içerikler bakımından donanımsız olmasından kaynaklanan zorlukları ele almış ve öğretmenlerin sınıf yönetiminde yaşadığı zorluklar nedeniyle derslerin başarıyla yürütülemediğini rapor etmiştir. Ancak, yüz yüze eğitime ulaşamayan öğrenciler için sanal laboratuvarın başarıda faydalı bir yöntem olduğu sonucuna varmıştır. Sudlow-Naggie'nin 2020 yılındaki tez çalışması, ilkökul öğrencilerinde teknolojinin bilim başarısını geliştirmeye olan etkisini gözlemlemiş ve deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubundakilere göre anlamlı derecede yüksek puan aldığını tespit etmiştir. Sonuç olarak, bu ve benzeri araştırmaların bulguları, literatürdeki diğer çalışmalarla uyumlu olup, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarını artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Aydın'ın 2018 yılında yaptığı çalışma gibi, sanal laboratuvar uygulamalarının etkisini sorgulayan ve farklı sonuçlara ulaşan araştırmalar da mevcuttur. Aydın'ın çalışması, ortaokul fen bilimleri dersindeki asit-baz konusunda geleneksel laboratuvar yöntemi ile sanal laboratuvar uygulamasını karşılaştırmış ve gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Deney ve kontrol grupları arasında, uygulama öncesi ve sonrası dönemlerde akademik performansta farklılıkların ortaya çıkması öngörülebilir bir durumdur. Bu öngörü, öğrencilere uygulama öncesinde henüz öğrenmedikleri bir konu üzerinden hazırlanan ön testin verilmesiyle ilişkilidir. İlerleyen süreçte, farklı öğretim metodolojileri kullanılarak ders işlenmiş ve öğrenciler ilgili konu hakkında bilgi sahibi olmuşlardır. Ancak, deney grubunun akademik başarısında daha belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum, sanal laboratuvar uygulamalarının, geleneksel laboratuvar yöntemlerine kıyasla akademik başarıyı daha fazla artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Sanal laboratuvarların tercih edilme sebebi, öğrencilerin öğrenme sürecinde daha aktif rol alarak, kendi hızlarında ve zamanlarında akademik gelişimlerini teşvik etmektir (Yıldırım, 2021). Deney grubundaki öğrenciler, fen bilimleri kazanımlarını elde etmenin yanı sıra, bilim ve teknoloji alanlarında bütünsel bir yaklaşımla, akıcı ve keyifli bir öğrenme deneyimi yaşamışlardır. Sanal laboratuvar uygulamaları sayesinde, öğrencilere etkinlik tasarlama, araştırma yapma, takım

çalışması, ve teknolojiyi etkin kullanma gibi yetkinlikler kazandırılmıştır. Bu yetkinliklerin kazanılması, akademik başarının genel olarak tüm derslerde iyileşmesine katkıda bulunmuş olabilir.

Araştırmada deney ve kontrol grubu öğrencilerinin fene yönelik tutum ölçeği son test puanlarını karşılaştırmak üzere yapılan MANOVA analizi sonuçları incelendiğinde, deney grubu öğrencilerinin puan ortalamalarının kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek için MANOVA sonuçları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Analiz sonucunda, sanal laboratuvar uygulamalarının kullanıldığı deney grubu ile geleneksel yöntemlerle eğitim gören kontrol grubu öğrencileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, elde edilen etki büyüklüğü orta seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin fen bilimlerine yönelik tutumlarını geleneksel yöntemlerle benzer bir etkiyle şekillendirdiğini ortaya koymaktadır. Öğrencilerin anket gibi veri toplama araçlarına genellikle dikkatli ve özenli yanıtlar vermediği göz önünde bulundurulduğunda, tutum ölçümlerinde anlamlı bir farklılık gözlemlenmemesi bu durumdan etkilenmiş olabilir. Mevcut literatürde benzer sonuçlara ulaşan çalışmalar mevcuttur. Pınar ve Akgül'ün (2021) yaptığı çalışma, sanal ve geleneksel laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin ders tutumlarına ve motivasyonlarına olan etkisini incelemiştir. Anadolu'nun doğusundaki sosyoekonomik düzeyi düşük bir ilköğretim okulunda gerçekleştirilen bu çalışmada, tutum ve motivasyon ölçekleri veri toplama araçları olarak kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, fen dersine yönelik tutum ve motivasyon açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Araştırmacılar, tutum ve motivasyon değişkenliğinin her iki grupta benzer olmasını, öğrencilerin her iki ortamda da kendilerini rahat hissetmelerine ve uygulamalardan zevk almalarına bağlamışlardır. Mutlu (2015), araştırmasında sanal laboratuvar uygulamaları ve geleneksel yaklaşımların fen bilimleri öğretmen adaylarının kimya laboratuvarına yönelik tutumları üzerindeki etkisini araştırmış ve gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığını tespit etmiştir. Tüter'in (2024) yaptığı çalışma, 10. sınıf öğrencilerinin fizik dersi akademik başarı ve tutumları üzerinde sanal laboratuvar uygulamalarının etkisini incelemiştir. Kontrol grubu öğrencilerinin fizik dersine yönelik tutum ölçeği puan ortalamaları ($X = 86,02$), deney grubuna göre ($X = 83,59$) daha yüksek olmasına rağmen, bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Pınar ve Dönel

Akgül (2021) ise, Kuvvet ve Enerji ünitesi kapsamında simülasyonlar ve laboratuvar etkinlikleri uygulayarak sanal ve geleneksel laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin fen bilimlerine yönelik tutumları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bulgular, her iki uygulama türünün de öğrenciler tarafından benimsendiğini ve keyif alındığını göstermiştir. Çetin ve Cengiz (2021), ön-test/son-test kontrol gruplu deneysel tasarım kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, öğretmen adaylarının hayvansal dokularla yapılan geleneksel dersler ve laboratuvar da gerçek dokularla yapılan dersler arasında tutum farklılıklarını incelemişlerdir. Araştırmada, öğretmen adaylarının olumlu tutum sergilemedikleri belirtilmiştir. Literatürde, bu bulgulara karşıt sonuçlar da bulunmaktadır. Yerden (2020), teknolojik gelişmelere uyum sağlamak için sanal laboratuvarların önemini vurgulamış ve uygulamaların öğrencilerin dikkatini çektiğini, memnuniyet ve olumlu tutum geliştirdiklerini belirtmiştir. Baş (2022), 6. sınıf öğrencileri üzerinde yaptığı yarı deneysel çalışmada, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin fen bilimlerine yönelik akademik başarıları ve tutumları üzerinde olumlu etkileri olduğunu tespit etmiştir. Bu farklılığın araştırmaların yapıldığı okulların teknolojik donanımının, sosyo-ekonomik düzeylerinin, okul kültürünün ve öğrenci öğretmen ilişkilerinin farklı olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Araştırmada deney ve kontrol grubu öğrencilerinin kalıcılık testi puanlarını karşılaştırmak üzere yapılan MANOVA analizi sonuçları incelendiğinde deney grubu öğrencilerinin kalıcılık testi puanlarının, kontrol grubu öğrencilerine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu farkın istatistiksel anlamlılığını değerlendirmek amacıyla MANOVA sonuçları detaylı olarak incelenmiştir. Yapılan analizler neticesinde, sanal laboratuvar uygulamaları ile eğitim gören deney grubu ile geleneksel yöntemlerle eğitim gören kontrol grubu öğrencileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Bu sonuçlar, sanal laboratuvar uygulamalarının, öğrencilerin fen bilimleri öğrenimindeki kalıcılığını, geleneksel yöntemlerle benzer bir etkide desteklediğini göstermektedir. Literatürde benzer ve farklı sonuçlar elde eden çeşitli çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Tüter (2024) tarafından yürütülen bir çalışmada, sanal laboratuvar uygulamalarının, ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin “Elektrik ve Manyetizma” ünitesindeki “Akım, Potansiyel Fark, Direnç” ve “Elektrik Devreleri” konularındaki öğrenme kalıcılığı üzerindeki etkisi incelenmiş ve bu uygulamaların, geleneksel öğretim yöntemlerine kıyasla öğrenme kalıcılığını daha fazla artırdığı tespit

edilmiştir. Deney grubu öğrencilerinin kalıcılık testi puan ortalamaları, kontrol grubu öğrencilerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiş ve bu farklılık deney grubu lehine olmuştur. Duman ve Avcı (2016) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, 8. sınıf öğrencilerinin “Maddenin Halleri ve Isı” konusundaki akademik başarıları, kavram yanlışları ve öğrenme kalıcılığı üzerinde sanal laboratuvar uygulamalarının etkisi araştırılmıştır. Yarı deneysel bir tasarım kullanılarak yapılan bu araştırmanın sonuçları, öğrencilerin kalıcılık testi puan ortalamalarında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu göstermiştir. Karaduman ve Emrahoğlu (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada ise, ilköğretim altıncı sınıf öğrencilerine “maddenin tanecikli yapısı” konusunun bilgisayar temelli ve bilgisayar destekli yöntemlerle öğretilmesinin akademik başarı ve kalıcı öğrenme üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada, 78 öğrenciye yönelik 16 ders saati süresince veri toplanmış ve yarı deneysel bir desen kullanılmıştır. Akademik başarı testi, ön test, son test ve belirli bir süre sonra yapılan kalıcılık testi şeklinde uygulanmıştır. Analiz sonuçları, her iki yöntemin de öğrencilerin akademik başarılarını ve kalıcı öğrenmelerini olumlu yönde etkilediğini, ancak bilgisayar temelli eğitim yönteminin daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ünal ve Şeker (2019) ise, fen bilimleri dersinde “Elektrik” ünitesinin öğretiminde kullanılan geleneksel ve sanal laboratuvar uygulamalarının, beşinci sınıf öğrencilerinin akademik başarıları ve öğrenme kalıcılığı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ankara’daki bir devlet ortaokulunda 54 erkek öğrenci üzerinde yapılan bu çalışmada, sanal laboratuvar uygulamaları kullanan deney grubunun, geleneksel yöntemlerle eğitim alan kontrol grubuna göre hem başarıda hem de öğrenme kalıcılığında anlamlı derecede daha iyi performans gösterdiği ($p<0.05$) belirlenmiştir. Literatürde, sanal laboratuvar uygulamalarının kalıcı öğrenme sağladığına dair birçok araştırma bulunmaktadır (Jimoyiannis ve Komis, 2001; Tanel ve Önder, 2010; Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Koyunlu Ünlü ve Dökme, 2011). Ancak, bu çalışmada elde edilen bulgular, literatürdeki diğer çalışmalarla farklılık göstermektedir. Bu farklılığın, uygulamanın yapıldığı okulun fiziki ve teknolojik donanımının yanı sıra sosyo-ekonomik faktörler ve öğrencilerin hazırbulunuşluk düzeylerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu araştırma sanal laboratuvar uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin yoğunluk konusundaki akademik başarılarını artırmada etkili bir araç

olduğunu göstermektedir. Ancak, tutum ve öğrenme kalıcılığı üzerindeki etkileri daha fazla araştırmaya ihtiyaç duymaktadır.

Araştırmada ulaşılan sonuçlar doğrultusunda şu önerilerde bulunulmuştur:

1. Sanal laboratuvar uygulamalarının akademik başarı üzerindeki olumlu etkileri göz önünde bulundurularak, yoğunluk konusunu kapsayan derslerde bu tür uygulamaların entegrasyonu için eğitim programları geliştirilmelidir.

2. Öğretmen seminerlerinde öğretmenlerin sanal laboratuvar araçlarına yönelik bilgi ve farkındalıklarını artırmaya yönelik etkinliklerin yapılmasının etkili olacağı düşünülmektedir.

3. Sanal laboratuvar uygulamalarının öğrenci tutumları ve öğrenme kalıcılığı üzerindeki etkilerini daha derinlemesine incelemek üzere uzun vadeli ve geniş kapsamlı araştırmalar yapılmalıdır.

4. Okullarda sanal laboratuvar uygulamalarının sorunsuz bir şekilde yürütülebilmesi için gerekli teknolojik altyapı sağlanmalı ve sürekli olarak güncellenmelidir.

5. Sanal laboratuvar uygulamalarının daha etkili olabilmesi için öğrenci katılımını ve etkileşimi teşvik eden yöntemler geliştirilmelidir.

6. Yoğunluk konusunun anlaşılmasını kolaylaştırmak için sanal laboratuvar uygulamalarına ek olarak, farklı teknoloji uygulamalarının entegrasyonunun etkili daha etkili olacağı düşünülmektedir.

7. Öğrencilerin somut ve soyut kavramları daha iyi anlamalarını sağlamak için, sanal laboratuvar senaryolarında günlük yaşamla ilişkilendirilebilecek örnekler ve uygulamalar kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Acharya, K.P., Acharya, M., Khatri, S. (2022). Challenges and opportunities of arts-based science learning among basic level students amid covid 19 pandemic. *Journal of Advanced College of Engineering and Management*, 7(01), 67–80.
- Akgün, Ö. E. (2005). Bilgisayar destekli ve fen bilgisi laboratuvarında yapılan gösterim deneylerinin öğrencilerin fen bilgisi başarıları ve tutumları üzerindeki etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(1), 1-20.
- Akın, E., Karaköse, M. (2003). Elektrik ve bilgisayar mühendisliği eğitiminde sanal laboratuvarların kullanımı. *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Ulusal Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 166-169.
- Alan, B., Kırbağ Zengin, F. ve Keçeci, G. (2021). Effects of science, technology, engineering, and mathematics education using algodoo to prospective science teachers' scientific process and education orientation skills. *Journal of Education*, 0(0), 1-15.
- Anazifa, R.D. (2022). The role of technology in biology teaching during and post pandemic era: challenges and opportunities. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 640, 46-51.
- Anders, Y., Hardy, I., Pauen, S., Ramseger, J., Sodian, B., & Steffensky, M. (2018). The goal of science teaching. "Haus der kleinen Forscher" Foundation, *Early science education- Goals and Process- Related Quality Criteria For Science Teaching* içinde (175-179). Germany: Verlag Barbara Budrich.
- Aslan, N. (2023). 6. Sınıf Fen Bilimleri Dersi Madde ve Isı Ünitesindeki Yoğunluk Konusunun Tahmin Gözlem Açıklama Yöntemi Kullanılarak Öğrenci Başarıları ve Tutumu Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Ateş, Ö., Eryılmaz, A. (2011). Effectiveness of hands-on and minds-on activities on students' achievement and attitudes towards physics. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 12(1), 1-22.
- Aydın, Ş. Z. N. (2018). *Fen Bilgisi Dersi Öğretiminde Sanal Laboratuvar Uygulamasının Kullanılması ve Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Aydoğdu, B. & Ergin, Ö. (2010). Fen ve teknoloji dersinde kullanılan farklı deney tekniklerinin öğrencilerin öğrenme yaklaşımlarına etkileri. *International Conference on New Trends in Education and Their Implications*, Bildiriler Kitabı, s. 1019-1027, Antalya-Turkey.
- Aydoğdu, M., Akgöl, A., Tutak, T. (2015). Ortaokul 8. sınıflarda geometrik cisimlerin alan ve hacimlerinin öğretiminde Cabri 3D yazılımı kullanımının öğrenci başarısına ve tutumuna etkisi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 2(1), 113-133.
- Ayvacı, H. Ş., Şenel Çoruhlu, T. (2012). Fen ve teknoloji öğretmen adaylarının bilim ve fen kavramları ile ilgili sahip oldukları görüşlerin araştırılması, *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Faköltesi Dergisi*, 19, 29-37.
- Bakırcı, H., Yıldırım, İ. (2017). Ortak bilgi yapılandırma modelinin sera etkisi konusunda öğrencilerin kavramsal anlamalarına ve bilginin kalıcılığına etkisi, *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Faköltesi Dergisi*, 18, 45-63.
- Baş, K. (2022). *Fen Eğitiminde Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Öğrencilerin Akademik Başarılarına ve Fen Tutumlarına Etkisi*. Akdeniz Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Baş, K. (2022). *Fen Eğitiminde Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Öğrencilerin Akademik Başarılarına ve Fen Tutumlarına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Başaran, B. (2018). *Arduino'nun Elektrik Deneylerine Entegre Edilmesinin ve Deney Raporlarının Poster Şeklinde Hazırlanmasının, Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Fizik Laboratuvarlarına, Teknolojiye ve Bilgi Ve İletişim Teknolojilerine Yönelik Tutumlarına Etkisinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Batdi, V., Semerci, C., Aslan, A. (2018). A meta-analytic and thematic study concerning the effect of inquiry based instruction on learners' achievement. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 13(2), 51-68.
- Batı, K. (2018). Türkiye'de fen eğitimi ve kimya eğitimi laboratuvar uygulamalarına genel bir bakış, *Doğu Anadolu Sosyal Bilimlerde Eğilimler Dergisi*, 2(1), 45-55.

- Bayrak, C.,Seçken, N., Özcan Öztürk, F.& Ural Alsan, E. (2009).A simulation on teaching volhard method. *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE*, 10 (3), 105-116.
- Bilir, S. (2019). *İlkokul Dördüncü Sınıf Fen Bilimleri Dersi Basit Elektrik Devreleri Ünitesinde Laboratuvar Destekli Öğretimin Akademik Başarı Ve Tutuma Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kastamonu.
- Bilir, S. (2019). *İlkokul Dördüncü Sınıf Fen Bilimleri Dersi Basit Elektrik Devreleri Ünitesinde Laboratuvar Destekli Öğretimin Akademik Başarı Ve Tutuma Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kastamonu.
- Bostan Sarıoğlu, A., Altaş R., Şen R. (2020). Uzaktan eğitim sürecinde fen bilimleri dersinde deney yapmaya ilişkin öğretmen görüşlerinin araştırılması, *Millî Eğitim*, 49(Özel Sayı-1), 371-394.
- Bozkurt, E. (2008). *Fizik Eğitiminde Hazırlanan Bir Sanal Laboratuvar Uygulamasının Öğrenci Başarısına Etkisi*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bozkurt, E., Sarıkoç, A. (2008). Fizik eğitiminde sanal laboratuvar, geleneksel laboratuvarın yerini tutabilir mi. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 89-100.
- Bozkurt, M. (2022). *Ortaokul Fen Bilimleri Dersinde Sanal Müze Kullanımının Öğrencilerin Laboratuvar Malzemelerini Öğrenmeleri Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Böyük, U., Demir, S., Erol, M. (2010). Fen ve teknoloji dersi öğretmenlerinin laboratuvar çalışmalarına yönelik yeterlik görüşlerinin farklı değişkenlere göre incelenmesi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi*, 3(4), 342-349.
- Böyük, U., Demir, S., Erol, M. (2010). Fen ve teknoloji dersi öğretmenlerinin laboratuvar çalışmalarına yönelik yeterlik görüşlerinin farklı değişkenlere göre incelenmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 3(4), 342-349.
- Brown, G., Atkins, M.(1997). *Effective Teaching in Higher Education*. London: Routledge.

- Bugarso, J.M.S., Cabantugan, R.E., Tapiculin, Q.D., Malaco, A.C. (2021). Students' learning experiences and preference in performing science experiments using hands-on and virtual laboratory. *Indonesian Journal of Teaching in Science*, 1(2), 147-152.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak E., Akgün Ö.E., Karadeniz Ş., Demirel F. (2014). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Pegem Akademi, Ankara.
- Canpolat, E. ve Tağ, M.S. (2014). Atomun yapısı konusunu öğrenmede klasik yöntemler ile bilgisayar destekli öğretimin öğrenci başarısına etkileri. *Turkish Journal of Educational Studies*, 1(3), 87-114.
- Cullen, C.J., Hertel, J.T., Nickels, M. (2020). The Roles of technology in mathematics education. *The Educational Forum*, 84(2), 166-178.
- Çepni, S., Kaya, A., Küçük, M. (2005). Fizik öğretmenlerinin laboratuvarlara yönelik hizmet içi ihtiyaçlarının belirlenmesi, *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(2), 181-196.
- Çepni, S., Keleş, E. (2006). Turkish students' conceptions about the simple electric circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4, 269-291.
- Çepni, S., Taş, E., ve Köse S. (2006). The effects of computer-assisted material on students' cognitive levels, misconceptions and attitudes towards science. *Computers & Education*, 46, 192-205.
- Çetin, A., Cengiz, M. (2021). Laboratuvar uygulamalarının dokular konusunda fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarılarına ve tutumlarına etkisi. *Academia Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 37-45.
- Çetin, Ş., Çetin, F. (2019). Öğrenmeye yönelik tutum ölçeği (ÖYTÖ) geliştirme çalışması. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 17(1), 140-157.
- Çilenti, K. (1985). Fen Eğitimi Teknolojisi, Kadioğlu Matbaası. Ankara, Demirci, B. (1993). Çağdaş Fen Bilimleri Eğitimi ve Eğitimcileri. *H.Ü.Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9, 155-157, İstanbul.
- Çinici, A., Özden M., Akgün A., Ekici M., Yalçın H. (2013). Sanal ve gerçek laboratuvar uygulamalarının 5.sınıf öğrencilerinin ışık ve ses ünitesiyle ilgili başarıları üzerine etkisinin karşılaştırılması, *Bayburt Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 92-106.

- Çivril, H. ve Özkul, A. (2021). Investigation of the factors affecting open and distance education learners' intentions to use a virtual laboratory. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 22(2), 143–165.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş. (2012). *Sosyal Bilimler İçin Çok Değişkenli İstatistik SPSS ve LISREL Uygulamaları* (2. baskı). Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.
- da Silva, S. L., Junior, J. T. G., da Silva, R. L., Viana, E., & Leal, F. F. (2014). An alternative for teaching and learning the simple diffusion process using Algodoo animations. *arXiv preprint arXiv:1412.6666*.
- Dale, S. (2015). Heuristics and biases: the science of decision-making. *Business Information Review*, 32(2), 1-14.
- Dalgarno, B. (2003). A VRML Virtual Chemistry Laboratory Incorporating Reusable Prototypes for Object Manipulation. In P. Beckett (Ed.), *SimTect 2005: Simulation - Fulfilling the promise* (pp. 1-6). SIAA.
- D'Angelo, C. M., Rutstein, D. ve Harris, C. J. (2016). Learning with STEM simulations in the classroom: Findings and trends from a meta-analysis. *Educational Technology*, 56(3), 58–61.
- Daşdemir, İ., Doymuş, K. (2012). Fen ve teknoloji dersinde animasyon kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına, öğrenilen bilgilerin kalıcılığına ve bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 2(3), 33-42.
- Demir, A. (2018). *Kuvvet ve Hareket Konusunda Sanal Fen Laboratuvarı Kullanımının Öğrenci Başarısına Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak.
- Demir, S., Büyük, U., Koç, A. (2011). Fen ve teknoloji dersi öğretmenlerinin laboratuvar şartları ve kullanımına ilişkin görüşleri ile teknolojik yenilikleri izleme eğilimleri. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 66-79.
- Deniş Çeliker, H. ve Tumru, Ö.F. (2021). *Farklı Yönleriyle Uzaktan Eğitim* (PDF: İksad Yayınevi), 111-143.
- Deniş Çeliker, H., Tumru, Ö.F. (2021). “Sanal ve Yüz Yüze Olan Laboratuvar Laboratuvar Uygulamalarının 5. Sınıf Öğrencilerinin Fen Laboratuvarına Dönük Tutumlarına Etkisi”, Prof. Dr. Mustafa Talas (Ed.), *Farklı Yönleriyle Uzaktan Eğitim* içinde (s. 135-166), İksad Yayınları, Ankara.

- 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.
- Duman, M.Ş. (2015). 8. Sınıf Öğrencilerinin “Maddenin Halleri ve Isı” Ünitesinde Karşılaşılan Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi ve Giderilmesine, Başarı Düzeylerine Ve Öğrenilenlerin Kalıcılığına Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Etkisi, Yüksek Lisans, Mersin Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Ekici, M. (2015). *Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Sanal Laboratuvar Hakkındaki Görüşleri ve Bu Yöntemden Faydalanma Düzeyleri*, Yüksek Lisans, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adıyaman.
- Ellermeijer, T. ve Tran, T.B. (2019). Technology in teaching physics: benefits, challenges, and solutions. *Upgrading Physics Education to Meet the Needs of Society* pp 35–67. Ed.: Mauricio Pietrocola, Springer.
- Emhadelima (2015). The use of virtual media laboratory to increase students’ motivation on direct current circuits materials at class x of man i pekanbaru. *ALTa’lim Journal*, 22(3), 254-265.
- Ercan, O., Ural, E., Ozates, D. (2016). The effect of web assisted teaching on students' achievement in the subject of mixtures and attitudes towards chemistry. *Hacettepe University Journal of Education*, 31(1), 163-179.
- Ercan, O., Ural, E., Ozates, D. (2016). The effect of web assisted teaching on students' achievement in the subject of mixtures and attitudes towards chemistry. *Hacettepe University Journal of Education*, 31(1), 163-179.
- Evstatiev, B., Hristova, T., Gabrovska-Evstatieva, K. (2022). Investigation of Engineering Students’ Attitude towards Virtual Labs during the COVID-19 Distance Education. *International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications* 11(5), 373-384.
- Faour, M. A., Ayoubi, Z. (2018). The effect of using virtual laboratory on grade 10 students' conceptual understanding and their attitudes towards physics. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 4(1), 54-68.
- Garaway-Lashley, Y. (2014). Integrating computer technology i the teaching biology. *International Journal of Biology Education*, 3(2), 13-30.

- González, M.A., Arranz, G., Portales, R., Tamayo, M., González, A. (2001). Development of a virtual laboratory on the internet as support for physics laboratory training. *European Journal of Physics*, 23(1), 61-67.
- Gökulu, A. (2013). Bilgisayar destekli öğretimin 6.sınıf öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı konusunu anlamalarına etkisinin incelenmesi ve kavram yanlışlarının tespiti, *The Journal of Academic Social Science Studies*, 6(5), 571-585.
- Gömlekçi, A. E. (2019). *Bilgisayar Destekli Öğretim Yönteminin 7. Sınıf Öğrencilerinin Elektrik Enerjisi Konusunda Akademik Başarısına Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Gündoğdu, F. K. (2019). *Ortaokul 8. Sınıf Fen Bilimleri Dersindeki "Yaşamımızdaki Elektrik" Konusunda STEM Yaklaşımı İle Öğretim Tasarımı Hazırlanması ve Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güneş, M. H., Şener, N., Topal-Germi, N., Can, N. (2013). Fen ve teknoloji dersinde laboratuvar kullanımına yönelik öğretmen ve öğrenci değerlendirmeleri, *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 1-11.
- Günlü, E. (2019). *Ortaokul Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Sanal Laboratuvar Kullanımının Fen Öğreniminde Uygulanabilirliği Hakkındaki Görüşleri*. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Gürkan, Ç. (1988). *İlkokul Programı Ve Öğretim Yöntemleri*, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Habibi, Z., Habibi, A. (2014). The effect of information technology in teaching physics courses. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS)*, 1, 391-396.
- Hançer, M., Aydoğan, N., Çankaya, Ö. (2021). Fen bilgisi öğretmen adaylarının temel laboratuvar fen bilgilerinin ölçülmesine yönelik başarı testi geliştirilmesi: geçerlik ve güvenirlik analizleri. *Uluslararası Eğitim Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 57-76.
- Herga N., Dinevski D. (2012). Virtual laboratory in chemistry - experimental study of understanding, reproduction and application of acquired knowledge of subject's chemical content. *Organizacija, Sciendo*, 45(3), 108-116.

- Hırça, N. ve Bayrak, N. (2013). Sanal fizik laboratuvarı ile üstün yeteneklilerin eğitimi: kaldırma kuvveti konusu. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 1(1), 16-20.
- Hill M. A., Overton T. L., Thompson C. D., Kitson R. R. A. and Coppo P., (2019), Undergraduate recognition of curriculum-related skill development and the skills employers are seeking, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 20(1), 68–84.
<https://chemcollective.org/vlab/vlab.php>
- Hu-Au, E., Okita, S. (2020). Exploring differences in student learning and behavior between real-life and virtual reality chemistry laboratory experiments. *ICLS*, 791-792.
- Hung, J.F., Tsai, C.Y. (2020). The effects of a virtual laboratory and metacognitive scaffolding on students' data modeling competences. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 923-939.
- Ismail, I., Permanasari, A. ve Setiawan, W. (2016). Efektivitas virtual lab berbasis stem dalam meningkatkan literasi sains siswa dengan perbedaan gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 190-201.
- Iwai, Y. (2020). Online Learning during the COVID-19 Pandemic: What do we gain and what do we lose when classrooms go virtual?', *Scientific American*. Erişim Adresi: <https://blogs.scientificamerican.com/observations/onlinelearning-during-the-COVID-19-pandemic>, Erişim Tarihi: 12.03.2024.
- İç, Ü., Tutak, T. (2018). Correlation between computer and mathematical literacy levels of 6th grade students. *European Journal of Educational Research*, 7(1), 63-70.
- İçelli, O., Polat, R., Sülün, A. (2007). *Fen Bilgisi Laboratuvar Uygulamalarında, Yaratıcı Proje Desenleri*, Maya Akademi Yayınevi, İstanbul.
- İdin, Ş., Aydoğdu, C. (2016). Fen bilimleri dersinde laboratuvar tekniğinin doğru kullanımı üzerine öğrenci görüşleri, *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(2), 606-635.
- İnce, E.Y., Kutlu, A. (2016). Web tabanlı laboratuvarlar. Erişim Adresi: <http://ab.org.tr/ab14/bildiri/34.pdf>, Erişim Tarihi: 11.04.2024.
- Jimoyiannis, A., Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion. *Journal of Computers & Education*, 36, 183-204.

- Jones, L. L. (1996). The role of molecular structure and modeling in general chemistry. New Initiatives in Chemical Education: An On-Line Computer Conference, Summer, 1996.
- Kaba, A. U. (2012). *Uzaktan Fen Eğitiminde Destek Materyal Olarak Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Etkililiği*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kaçar, S., Yayla, Z., Türkoguz, S. (2021). Fen bilgisi öğretmen adaylarının laboratuvar güvenlik önlemlerine ilişkin bilgi düzeyleri, *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 98-113.
- Kapıcı, H.O., Akçay, H., Jong, T. (2019). Using hands-on and virtual laboratories alone or together—which works better for acquiring knowledge and skills?, *Journal of Science Education and Technology*, 28, 231-250.
- Karaduman, B., Emrahoğlu, N. (2011). “Maddenin tanecikli yapısı” ünitesinin öğretiminde, bilgisayar destekli ve bilgisayar temelli öğretim yöntemlerinin, akademik başarı ve kalıcılığa etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 19(3), 925- 938.
- Karagöz Mırçık, Ö. (2018). *Basit Elektrik Devreleri Konusu ile İlgili Kavramların Öğretiminde Sanal Laboratuvar Destekli 7E Öğretim Modelinin Öğrencilerin Zihinsel Modelleri Üzerindeki Etkileri*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karagöz-Mırçık, Ö., Saka, A.Z. (2016). 9. sınıf fizik öğretiminde sanal laboratuvar uygulamalarının değerlendirilmesi, *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 5(Özel Sayı), 240-248.
- Kartal, T. (2017). “Fen eğitiminde teknoloji entegrasyonu”. Demirci Güler, M. P. (Ed.), *Fen Bilimleri Öğretimi: Yaklaşımlar ve Kazanımlar Doğrultusunda Uygulama Örnekleri*, Pegem Akademi Yayınları, Ankara.
- Kavlak, E.E., Birhanlı, A., (2023). Fen bilimleri öğretmenlerinin covid-19 uzaktan eğitim sürecinde sanal laboratuvar uygulamaları hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 9 (2), 1-11.
- Kaya, H., Büyük, U. (2011). Fen bilimleri öğretmenlerinin laboratuvar çalışmalarına yönelik yeterlikleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(1), 126-134.

- Kaya, Z., Yılayaz, Ö. (2013). Öğretmen eğitiminde teknoloji entegrasyonu modelleri ve teknolojik pedagojik alan bilgisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4(8), 57-83.
- Keçeci, G., Yıldırım, P. ve Kırbağ Zengin, F. (2021). Opinions of secondary school students on the use of mobile augmented reality technology in science teaching. *Journal of Science Learning*, 4(4), 327-336.
- Kemp, A., Palmer, E., Strelan, P. (2019). A taxonomy of factors affecting attitudes towards educational technologies for use with technology acceptance models. *British Journal of Education Technology*, 50(5), 2394-2413.
- Keskin Geçer, A. (2018). *Fen Bilgisi Öğretmenlerinin Laboratuvar Uygulamaları İle İlgili Yeterlilikleri, Tutumları Ve Karşılaşılan Problemler*. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Keskin Geçer, A. (2018). *Fen Bilgisi Öğretmenlerinin Laboratuvar Uygulamaları İle İlgili Yeterlilikleri, Tutumları ve Karşılaşılan Problemler*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kılıç, M.S. ve Aydın, A. (2018). Öğretmenlerin fen bilimleri dersi kapsamında laboratuvar uygulamaları hakkındaki görüşlerinin planlanmış davranış teorisi yardımıyla incelenmesi, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26 (1), 241-246.
- Kiraz, A. (2014). *Yapay Zeka Destekli Sanal Laboratuvar Tasarımı: Çekme Deneyi Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Koç Ünal, İ. (2019). *Sanal ve Gerçek Laboratuvar Uygulamalarının 5. Sınıf Fen Dersi Elektrik Ünitesi Öğretiminde Öğrencilerin Akademik Başarıları Üzerine Etkisinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Koyunlu-Ünlü, Z., Dökme, İ. (2011). The effect of combining analogy-based simulation and laboratory activities on Turkish elementary school students' understanding of simple electric circuits. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(4), 320-329.
- Köksal, A.P. (2019). *Öğrenme Amaçlı Yazma Etkinliklerinin Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Elektrik Konusundaki Akademik Başarılarına, Kalıcılığa Ve Fen Bilimleri*

- Dersine Karşı Tutumlarına Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kutluer, S. (2008). *Molekül Geometrisi, Hibritleşme ve Moleküllerin Polarlığı Konularıyla İlgili Bilgisayar Destekli Materyal Geliştirme ve Uygulama*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Laila, S. I., Anggaryani, M. (2021). The use of stem-based virtual laboratory (phet) of newton's law to improve students' problem solving skills. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9 (2), 125-133.
- Lestari, D.P. ve Pahar, S. (2020). Students and teachers' necessity toward virtual laboratory as an instructional media of 21st century science learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 1-8.
- Levonis, S.M., Tauber, A. L., Schweiker, S. S. (2021). 360° virtual laboratory tour with embedded skills videos. *Journal of Chemical Education*, 2(98), 651-654.
- Makhmudova, D.M. (2020). Using information technology tools in mathematics lessons for teaching future teachers. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 9(3), 4168-4171.
- Manunure, K., Delserieys, A., & Castera, J. (2019). The effects of combining simulations and laboratory experiments on Zimbabwean students' conceptual understanding of electric circuits. *Research in Science and Technological Education*, 38(1), 1-19.
- McNeil, N.M., Uttal, D.H., Jarvin, L., Sternberg, R.J. (2009). Should you show me the money? Concrete objects both hurt and help performance on mathematics problems. *Learning and Instruction*, 19(2), 171–184.
- MEB. (2018). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı*. Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı Yayını, Ankara.
- Meral, A. (2018). *Web Tabanlı Sanal Fen ve Teknoloji Laboratuvar Etkinliklerinin Öğrencilerin Başarısına Ve Motivasyonuna Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kastamonu.
- Mercer, N. (2008). The seeds of time: Why classroom dialogue needs a temporal analysis. *The Journal of the Learning Sciences*, 17(1), 33–59.

- Miller, T.A., Carver, J. S. ve Roy, A. (2018). To go virtual or not to go virtual, that is the question: A comparative study of face-to-face versus virtual laboratories in a physical science course. *Journal of College Science Teaching*, 48(2),59-67.
- Moon, S., Lee, J. ve Kim, J.B. (2021). A survey on teachers' perceptions of the use of advanced science and technology in education. *Brain, Digital&Learning*, 11(4), 645-658.
- Moreno, E.L., Heidelmann, S.P. ve Correia, A.P. (2018). Using technology to support chemistry teaching and learning in the context of brazilian distance education. *World Journal of Chemical Education*, 6(5), 223-229.
- Mutlu, A., Acar Şeşen, B. (2020). Comparison of inquiry-based instruction in real and virtual laboratory environments: Prospective science teachers' attitudes. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 12(2), 600-617.
- Nugraha, I. ve Eliyawati, E. (2019). The use of video laboratory report to develop presentation skills in science teacher education students. *International Conference on Mathematics and Science Education (ICMScE 2018)*, 1157, May 28-June 2, Boston
- Önal Karakoyun, G., Asiltürk, E. (2022). “Fen Eğitiminde Animasyon”, Prof. Dr. Fikriye Kırbağ Zengin (Ed.), *Fen Eğitiminde Teknoloji Uygulamaları* içinde (s. 117-130), İksad Yayınları, Ankara.
- Özcan, H., Koca, E. (2020). Development of the attitude towards science scale: A validity and reliability study. *Eurasian Journal of Educational Research*, 85, 109-133.
- Özeler, E. (2024). *Maddenin Tanecikli Yapısı Konusunun Öğretiminde Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Ortaokul Öğrencilerinin Başarılarına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Özer, İ., Canbazoglu Bilici, S., Karahan, E. (2016). Fen bilimleri dersinde Algodoo kullanımına yönelik öğrenci görüşleri. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 28-40.
- Pallant, J. (2017). *SPSS Survival Manual A Step Guide to Data Analysis Using Ibm SPSS* (Çev. Balcı, S. ve Ahi, B.). Ankara.
- Pem, U., Dorji, C., Tshering, S., Dorji, R. (2021). Effectiveness of the virtual learning environment (VLE) for online teaching, learning, and assessment: Perspectives

- of academics and students of the Royal University of Bhutan. *International Journal of English Literature and Social Sciences*, 6(4), 183-197.
- Penn, M., Mavuru, L. (2020). Assessing pre-service teachers' reception and attitudes towards virtual laboratory experiments in life sciences. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6A), 1092- 1105.
- Penn, M., Ramnarain, U. (2019). A comparative analysis of virtual and traditional laboratory chemistry learning. *Perspectives in Education*. 37(2), 80-97.
- Permanasari, A., İsmail, Setiawan, W. (2016). Stem virtual lab: an alternative practical media to enhance student's scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia JPPII*, 5(2), 239-246.
- Phanphech, P., Tanitteerapan, T., Murphy, E. (2019). Explaining and enacting for conceptual understanding in secondary school physics. *Issues in Educational Research*, 29(1), 180-204.
- Pınar, M.A., Dönel Akgül, G. (2021). Sanal ve Geleneksel Laboratuvar Uygulamalarının 7. Sınıf Öğrencilerinin Kuvvet ve Enerji Ünitesiyle İlgili Ders Tutum ve Motivasyonlarına Etkisinin Karşılaştırılması, *Akdeniz Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(2), 13-25.
- Polat, E., ve Tekin, A. (2013). Fen ve teknoloji dersinde animasyonla desteklenmiş Web tabanlı eğitimin akademik başarıya etkisi. *International Journal of Human Sciences*, 10, 17-26.
- Polat, M., Çiftçi, E., Aslan, S., Çakmak, A., Akın, E. (2024a). "Studies on education 4.0 and education 4.0 in science and mathematics education", Doç. Dr. Tayfun Tutak (Ed.), *Current and Advanced Researches in Science and Math Education II* içinde (s. 1-12), Eğitim Yayınevi, Ankara.
- Polat, M., Öğmen, A., Özay, A., Yıldız, Z., Alat, B. (2024b). "Internet of things in science and mathematics educaiton", Doç. Dr. Tayfun Tutak (Ed.), *Current and Advanced Researches in Science and Math Education II* içinde (s. 21-28), Eğitim Yayınevi, Ankara.
- Polat, M., Önal Karakoyun, G. (2022). Studies on "conceptual profile" in Science Education, s. 494-509, *International Conference On Economics & Social Sciences*, October 21-23, 2022, Antalya, Turkey.

- Polat, M., Yılayaz, Ö. (2023a). “Fen Bilimleri Eğitiminde Sanal Laboratuvar Uygulamaları”, Prof. Dr. Fikriye Kırbag Zengin (Ed.), *Fen Eğitiminde Teknoloji Uygulamaları* içinde (s. 159-178), İksad Yayınları, Ankara.
- Polat, M., Yılayaz, Ö. (2023b). “Fen Eğitiminde Dijital Eğitsel Oyun Uygulamaları”, Prof. Dr. Fikriye Kırbag Zengin (Ed.), *Fen Eğitiminde Teknoloji Uygulamaları* içinde (s. 215-232), İksad Yayınları, Ankara.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., Jovanović, K. (2016). Virtual Laboratories for Education In Science, Technology, And Engineering: A Review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Robledo, D.A.R., Motin, A.F., Catapang, E.C., Maalihan, E.A. (2021). Teaching beyond borders: effectiveness of heuristic approach in teaching science in public secondary schools in area iv, division of batangas, philippines. *International Engineering Journal For Research & Development*, 6(2), 1-13.
- Rohim, F. (2020). Need Analysis of Virtual Laboratories For Science Education In Jambi, Indonesia. *Jurnal Sains Sosio Humaniora*, 4(2), 1-10.
- Safitri, M., Riandi, R., Widodo, A. ve Nasution, W.R. (2017). Integration of various technologies in biology learning. *International Conference on Mathematics and Science Education (ICMScE)*, 895, 2-9 April, Boston.
- Sarioğlu, S. (2019). *İlköğretim 6. Sınıf Fen Bilimleri Dersi Hücre Konusunda Sanal Gerçeklik Kullanımının Öğrencilerin Akademik Başarısı Ve Derse Karşı Tutumuna Etkisi*. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sasongko, W.D., Widiastuti, I. (2019). Virtual Lab for Vocational Education in Indonesia: A Review of the Literature. *Vocational Teacher Education, Postgraduate Universitas Sebelas Maret*, Surakarta, Central Java, Indonesia.
- Semerci, K. (2001). *İlköğretim II. Kademe Fen Bilgisi Eğitiminde Laboratuvar Uygulamaları İle İlgili Yeterlikler*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Seven, M. A., ve Engin, A.O. (2018). Fen Bilimleri eğitiminde laboratuvarın önemi. *TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*, 10(38), 256-265.
- Sharifov, M. (2020). The effectiveness of using a virtual laboratory in the teaching of electromagnetic in the lyceum. *Physics Education*, 55(6), 10- 15

- Sihombing, S.N., Marheni, M. (2012). Analisis kebutuhan dalam pembelajaran ipa kimia untuk pengembangan bahan ajar kimia smp di dki jakarta. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, 2(1), 119 - 126.
- Siswanto, Wartini, Muhlisin, A. Rahayu, R., Firmadani, F. (2020). Implementation of erp (engange, research, present) intructional model using virtual laboratory in science learning to increase student's science process skills. *Indonesian Journal of Science and Education*, 5 (2), 68-72.
- Sudlow-Naggie, N. (2020). *The Effects of Virtual Laboratory Activities on Science Learning*, Theses and Dissertations. St. John's University, Jamaica, New York.
- Sujono, R. N., Maryati, Jumadi. (2023). Science virtual laboratory implementation to improve students' critical thinking skills: a content analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6), 190-195.
- Sullivan, S., Gnesdilow, D., Puntambekar, S. ve Kim, J.S. (2017). Middle school students' learning of mechanics concepts through engagement in different sequences of physical and virtual experiments. *International Journal of Science Education*, 39(12), 1573–1600.
- Sun, K., Lin, Y., Yu, C. (2007). A study on learning effect among different learning styles in a web-based lab of science for elementary school students. *Computers and Education*, 50, 1411-1422.
- Sutarno, S., Setiawan, A., Suhandi, A., Kaniawati, I., Malik, A. (2019). The development and validation of critical thinking skills test on photoelectric effect for pre-service physics teachers. *International Conference on Mathematics and Science Education (ICMScE 2018)*, 032032, May 28-June 2, Boston
- Şeker, R., Koç Ünal İ. (2020). Sanal laboratuvar uygulamalarının öğrenci akademik başarıları üzerine etkisinin incelenmesi: Elektrik ünitesi. *Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 504-543.
- Şenocak, K. Z. (2018). *Fen Öğretiminde Kavram Karikatürü Kullanımının 5. Sınıf Yaşamımızdaki Elektrik Ünitesindeki Öğrenci Başarısı Ve Tutumu Üzerine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Tabachnick, B.G., Fidell, L.S. (2015). *Sixth Edition Using Multivariate Statistics* (Çev. Baloglu, M.). Ankara.

- Tanel, Z., 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., Tanel R. (2010). Fizik laboratuvarları ile bilişim ortamlarının durumu ve kullanımına yönelik öğretmen görüşleri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 76-87.
- Taşkın, Ö. (2008). *Fen ve Teknoloji Öğretiminde Yeni Yaklaşımlar*, (1. Baskı), Pegem Akademi Yayınevi, Ankara.
- Tatlı, Z. ve Ayas, A. (2013). Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. *Educational Technology & Society*, 16, 159-170.
- Tekbıyık, A., Ercan, O. (2015). Effects of the physical laboratory versus th virtual laboratory in teaching simple electric circuits on conceptual achievement and attitudes towards the subject. *International Journal of Progressive Education*, 11(3), 77-89.
- Temiz, B.K., Kanlı, U. (2005). Üniversite 1 sınıf öğrencilerinin temel fizik laboratuvar araçlarını tanıma bilgileri. *Milli Eğitim Dergisi*, 33(168), 188-201.
- Tepe, M., Tekbıyık, A. (2019). Ortaokul fen bilimleri ders kitaplarının deney ve etkinlik güvenliği bakımından değerlendirilmesi, *Milli Eğitim Dergisi*, 48(1), 223-240.
- Thurm, D. ve Barzel, B. (2022). Teaching mathematics with technology: a multidimensional analysis of teacher beliefs. *Educational Studies in Mathematics*, 109, 41-63.
- Trie Kurniawan, D., Maryanti, S. (2018). Analysis of math teacher candidates' misconception on the dynamic electricity concept. *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 7(1), 67-78.
- Türkan, S. (2010). *7. Sınıf Öğrencilerinin Yaşamımızdaki Elektrik Ünitesindeki Akademik Başarılarına, Fen Ve Teknoloji Dersine Karşı Tutumlarına Animasyonun Etkisinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Türkdoğan, A., Baki, A. ve Tutak, T. (2010). The dedection of candidate teachers' misconception in student-centered and computer-assisted environment a case study. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5(3), 868-874.

- Tüter, A. (2024). *Fizik Dersinde Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Öğrenci Akademik Başarısına ve Derse Yönelik Tutumuna Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Udin, W. N., Ramli, M., Muzzazinah (2020). Virtual laboratory for enhancing students' understanding on abstract biology concepts and laboratory skills: a systematic review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521, 1-5.
- Uğuz, S., Oral, O., Aksoy B. (2018). STEM eğitimi için sanal laboratuvar oluşturulması. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 69-77.
- Ulusal Araştırma Konseyi (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>.
- Urhan, O. (2019). *Fen Eğitimine Yönelik Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Etkisinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ünlü, E. (2019). *Ortaokul Fen Bilimleri Öğretmenlerin Sanal Laboratuvar Kullanımının Fen Öğretiminde Uygulanabilirliği Hakkındaki Görüşleri*. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Ürey, M., Aydın, M. (2014). Genel biyoloji laboratuvarı kapsamında geliştirilen BİYO-LAB-WEB (BLW) yönteminin etkililiği ve öğretmen adaylarının görüşleri, *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*(22), 150-167.
- Wang, C.Y., Wu, H.K., Wen-Yu Lee, S., et all. (2014). A review of research on technology-assisted school science laboratories. *Journal of Educational Technology & Society*, 17 (2), 307–320.
- Wastberg, B.S., Eriksson, T., Karlsson, G., Sunnerstam, M., Axelsson, M. ve Billger, M. (2019). Design considerations for virtual laboratories: A comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance, *Education and Information Technologies*, 24, 2059-2080.
- Winkelmann, K., Keeney-Kennicutt, W, Fowler, D., Macik, M. (2020). Learning gains and attitudes of students performing chemistry experiments in an immersive virtual World. *Journal of Chemical Education*, 849-858.

- Wuttke, H.D., Henke, K., Ludwig, N. (2005). Remote labs versus virtual labs for teaching digital system design. *International Conference on Compute Systems and Technologies - CompSysTech' IV*(2), 1-7.
- Yağbasan, R., Gülçiçek, Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanılgılarının karakteristiklerinin tanımlanması, *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 102-120.
- Yap, W.H., Teoh, M.L., Tang, Y. Q., Goh, B. (2021). Exploring the use of virtual laboratory simulations before, during, and post covid-19 recovery phase: An Animal Biotechnology Case Study. *Biochemistry And Molecular Biology Education*, (49), 685–691.
- Yavuz, S., Akçay, M. (2017). Bilgisayar destekli öğretim ile laboratuvar destekli öğretimin öğrencilerin ders başarılarına ve derse karşı tutumlarına etkisinin incelenmesi, *Karaelmas Journal of Educational Sciences*, 5, 39-48.
- Yazıcı, M., Kurt, A. (2018). Ortaokul fen bilimleri dersinde laboratuvar kullanımının öğretmen ve öğrenci görüşleri doğrultusunda incelenmesi, *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 295-320.
- Yerden, A.U. (2020). *Zenginleştirilmiş Sanal Gerçeklik Destekli İnternet Tabanlı Uzaktan Erişili Laboratuvar Tasarımı ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldırım, F. S. (2021). The effect of virtual laboratory applications on 8th grade students' achievement in science lesson. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 7(2), 171-181.
- Yıldız, S. ve Zengin, R. (2021). Dijital ve sınıf içi eğitsel oyunlarla gerçekleştirilen fen eğitiminin okul öncesi öğrencilerinin bilişsel gelişim düzeylerine etkisi. *EKEV Akademi Dergisi*, 0(86), 497-512.
- Yılmaz, F. (2017). *İşbirlikli Öğrenme Jigsaw Yöntemi İle Yapılan Laboratuvar Etkinliklerinin Ortaokul Öğrencilerinin Yaşamımızdaki Elektrik Ünitesindeki Başarılarına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.
- Yurttaş Kumlu, G.D. ve Yürük, N. (2018). Okuma stratejileri öğretimi ile fen bilgisi öğretmen adaylarında ısı-sıcaklık metnini okurlarken aktif hale gelen stratejiler ve süreç ürünleri. *13. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 04-06 Ekim 2018, Denizli, Türkiye.

EKLER

EK 1: Yoğunluk Konusu Akademik Başarı Testi

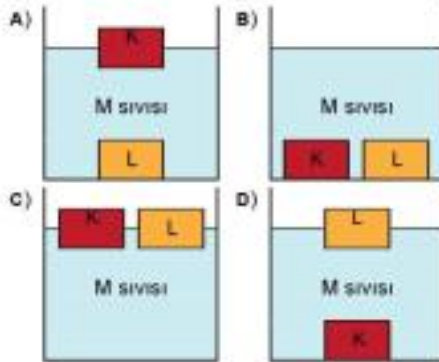
ebu

Yoğunluk

1.

Madde	Kütle (g)	Hacim (cm ³)
K	200	50
L	50	25
M	75	25

K ve L maddelerinin katı M maddesinin sıvı olduğu bilindiğine göre bu maddeler aynı kaba konulduğunda hangi seçenekte olduğu gibi görünür?



2.

Dereceli silindirden hacmi 200 cm³ olarak ölçülen bir sıvının yoğunluğu 3,5 g/cm³ olduğuna göre bu sıvının kütlesi kaç gramdır?

- A) 500
- B) 600
- C) 700
- D) 800

3.

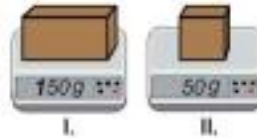
Sıvı	Kütle (g)	Hacim (cm ³)
X	10	50
Y	50	100
Z	20	50

X, Y ve Z maddelerine ait kütle ve hacim değerleri yukarıdaki tabloda verilmiştir.

Buna göre X, Y ve Z maddeleri ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğru olabilir?

- A) X ve Y aynı madde iken Z farklı maddedir.
- B) X, Y ve Z farklı maddedir.
- C) Y ve Z aynı madde iken X farklı maddedir.
- D) X, Y ve Z aynı maddedir.

4.

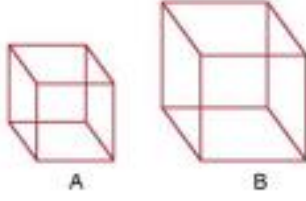


Aynı maddeden alınan farklı büyüklükteki iki örneğin aynı sıcaklıktaki kütleleri şekildaki gibidir.

Buna göre bu madde örnekleri ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- A) I. örneğin hacmi, II. örneğin hacminden büyüktür.
- B) I. örneğin yoğunluğu, II. örneğin yoğunluğundan büyüktür.
- C) Her iki örneğin hacim ve yoğunluk değerleri eşittir.
- D) I. örneğin hacmi, II. örneğin hacminden büyüktür ama yoğunlukları eşittir.

5.



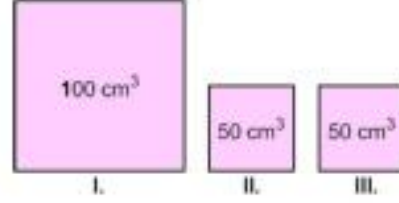
Verilen A ve B maddelerinin aynı maddeden yapıldığını anlamak isteyen Mert aşağıdakilerden hangisini yaparsa amacına ulaşabilir?

- A) A ve B maddelerinin kütlelerini ölçer ve kıyaslar.
- B) A ve B maddelerinin hacimlerini ölçer ve kıyaslar.
- C) A ve B maddelerinin yoğunluklarını hesaplar ve kıyaslar.
- D) A ve B maddelerinin renklerine bakarak renklerini kıyaslar.

6.



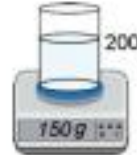
Hacmi 200 cm^3 olan katı hâledeki bir madde aynı sıcaklıkta $100, 50, 50 \text{ cm}^3$ lük parçalara ayrılıyor.



Buna göre, I, II. ve III. maddelerin yoğunluk, kütle ve hacim değerleri ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- A) II. ve III. maddenin yoğunlukları eşitken, I. maddenin yoğunluğu büyüktür.
- B) II. ve III. maddenin hacimleri eşitken, I. maddenin hacmi büyüktür.
- C) I, II. ve III. maddelerin yoğunlukları eşittir.
- D) I.'nin kütlesi, II. ve III.'nün kütleleri toplamına eşittir.

7.



Dereceli kaptaki 200 cm^3 sıvısına kadar gelen bir sıvı hassas tartıda 150 gram gelmektedir.

Boş kabın kütlesi 50 gram olduğuna göre kaptaki sıvının yoğunluğu kaç g/cm^3 'tür?

- A) 0,5
- B) 1
- C) 1,5
- D) 2

8.



Aynı sıcaklıkta 600 cm³'lük kap A sıvısı ile dolu iken 660 gram gelirken, B sıvısı ile dolu iken 360 gram gelmektedir.

Boş kabın ağırlığı 60 gram olduğuna göre A ve B sıvıları ile ilgili;

- I. A ve B sıvılarının birim hacimlerinin kütlesi aynıdır.
- II. A sıvısının yoğunluğu, B sıvısının yoğunluğundan büyüktür.
- III. A sıvısının yoğunluğu 1 g/cm³'tür.

İfadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

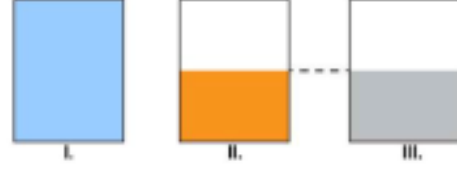
9. Aynı sıcaklıkta yoğunluğu aynı olan saf L ve M maddeleri ile ilgili;

- I. 100 cm³'lük miktarlarının kütlesi aynıdır.
- II. 100'er gramlarının hacimleri aynıdır.
- III. Birim hacimlerinin kütlesi aynıdır.

İfadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

10.



Özdeş kaplardan I. tamamen, II. ve III. kap ise yarısına kadar farklı sıvılarla doludur.

Kaplardaki sıvıların yoğunlukları $d_I > d_{II} > d_{III}$ şeklinde olduğuna göre aşağıdakilerden hangisi kesinlikle doğrudur?

- A) I. ve II. kaptaki sıvıların kütleleri eşittir.
- B) II. kaptaki sıvının kütlesi, III. kaptaki sıvının kütlesinden büyüktür.
- C) I. kaptaki sıvının kütlesi, III. kaptaki sıvının kütlesinden küçüktür.
- D) I. kaptaki sıvının kütlesi, diğer kaplardaki sıvıların kütlelerinden küçüktür.

- 11.. Kütesi 70 gram olan X maddesinin hacmi 35 cm^3 'tür. Aynı sıcaklıkta Y maddesinin yoğunluğu ise 3 g/cm^3 'tür.

Buna göre;

- I. X maddesinin yoğunluğu 2 g/cm^3 'tür.
- II. Y'den 90 gram alınırsa hacmi 30 cm^3 olur.
- III. X ve Y aynı maddedir.

İfadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

12. Yoğunluk ile ilgili;

- I. Yoğunluk birim hacimdeki madde miktarıdır.
- II. Yoğunluğun birimi g/cm^3 'tür.
- III. Yoğunluk ayırt edici özelliktir.

İfadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) I, II ve III

13. A ve B maddelerinin kütleleri eşittir. Aynı sıcaklıktaki A maddesinin yoğunluğu $1,5 \text{ g/cm}^3$ ve hacmi 40 cm^3 iken B maddesinin hacmi 60 cm^3 'tür.

Buna göre B maddesinin yoğunluğu kaç g/cm^3 'tür?

- A) 0,5
- B) 1
- C) 1,5
- D) 2

14. A ve B maddelerinin farklı maddeler olduğuna karar verebilmek için;

- I. aynı koşullardaki kütlelerinin aynı olduğu,
- II. aynı koşullardaki hacimlerinin farklı olduğu,
- III. aynı koşullardaki yoğunluklarının farklı olduğu

bilgilerinden hangilerinin tek başına bilinmesi yeterlidir?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız III
- C) I ve II
- D) I, II ve III

15.

Madde	Kütle (g)	Hacim (cm^3)
X	20	40
Y	20	10
Z	80	40

Yukarıdaki tabloda kütle hacim değerleri verilen aynı koşullardaki X, Y ve Z maddeleri ile ilgili;

- I. X'in yoğunluğu, Y'nin yoğunluğundan küçüktür.
- II. X ve Z aynı madde olabilir.
- III. Y'nin yoğunluğu 2 g/cm^3 'tür.

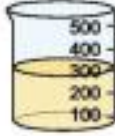
İfadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) I ve III
- D) I, II ve III

- 16.. Aynı sıcaklıktaki 10 gram ve 100 gram demir örnekleri ile ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?

- A) Hacimleri aynıdır.
- B) Yoğunlukları aynıdır.
- C) Birim hacimlerinin kütleleri eşittir.
- D) Yoğunlukları aynı sıcaklıktaki 1 gram demirin yoğunluğuna eşittir.

17.



Dereceli silindire hacmi 300 cm^3 olarak ölçülen bir sıvının kapla birlikte ağırlığı 500 gram gelmektedir.

Sıvının yoğunluğunun $1,5 \text{ g/cm}^3$ olduğu bilindiğine göre boş kabın ağırlığı kaç gramdır?

- A) 450
- B) 300
- C) 100
- D) 50

18.



Önce boş olarak sonra da 200 cm^3 çizgisine kadar siyah bir sıvı ile doldurularak tartılan kabın ölçüm değerleri şekilde verilmiştir.

Buna göre kaptaki sıvının yoğunluğu kaç g/cm^3 'tür?

- A) 2,5
- B) 2
- C) 1,5
- D) 0,5

19.

Madde	Kütle (g)	Hacim (cm^3)
I	100	100
II	100	200
III	200	200

Yukarıdaki tabloda numaralandırılmış cisimlerin kütle ve hacim değerleri verilmiştir.

Buna göre numaralandırılmış cisimlerin yoğunlukları arasındaki büyüklük ilişkisi aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

- A) $I > II > III$
- B) $II > I > III$
- C) $I = III > II$
- D) $II = III > I$

20. Eşit hacme sahip olan X, Y ve Z maddelerinin kütleleri sırasıyla 10 gram, 20 gram ve 15 gram olarak ölçülmüştür.

Buna göre X, Y ve Z maddelerinin yoğunlukları arasındaki büyüklük sıralaması aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilmiştir?

- A) $X=Y=Z$
- B) $X>Y>Z$
- C) $Y>Z>X$
- D) $Y>X>Z$

EK 2: Fene Yönelik Tutum Ölçeği

Sevgili öğrenciler,

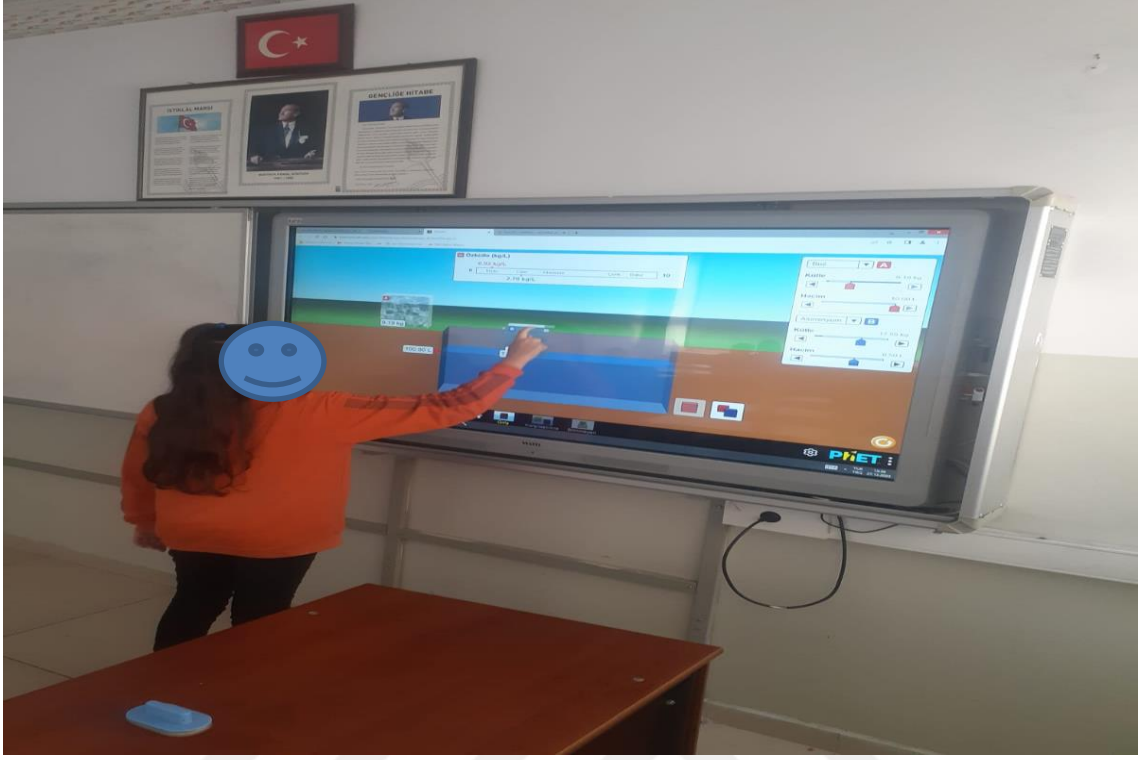
Bu ölçek fene yönelik tutumlarınızı belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Her bir maddeyi dikkatle okuduktan sonra, buna ne derece **katıldığınızı** veya **katılmadığınızı** ilgili kutucuğa (X) işareti koyarak belirtiniz.

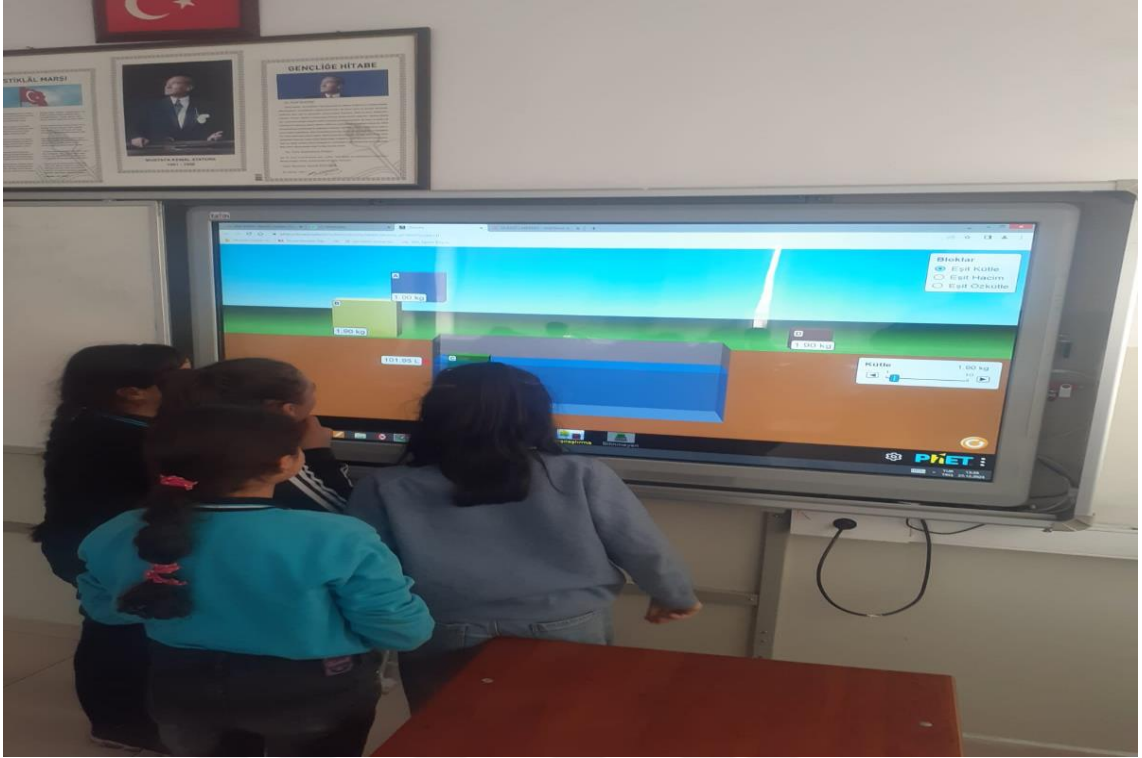
Vereceğiniz cevaplarda **samimi olmanız** ve **boş madde** bırakmamanız oldukça önemlidir.

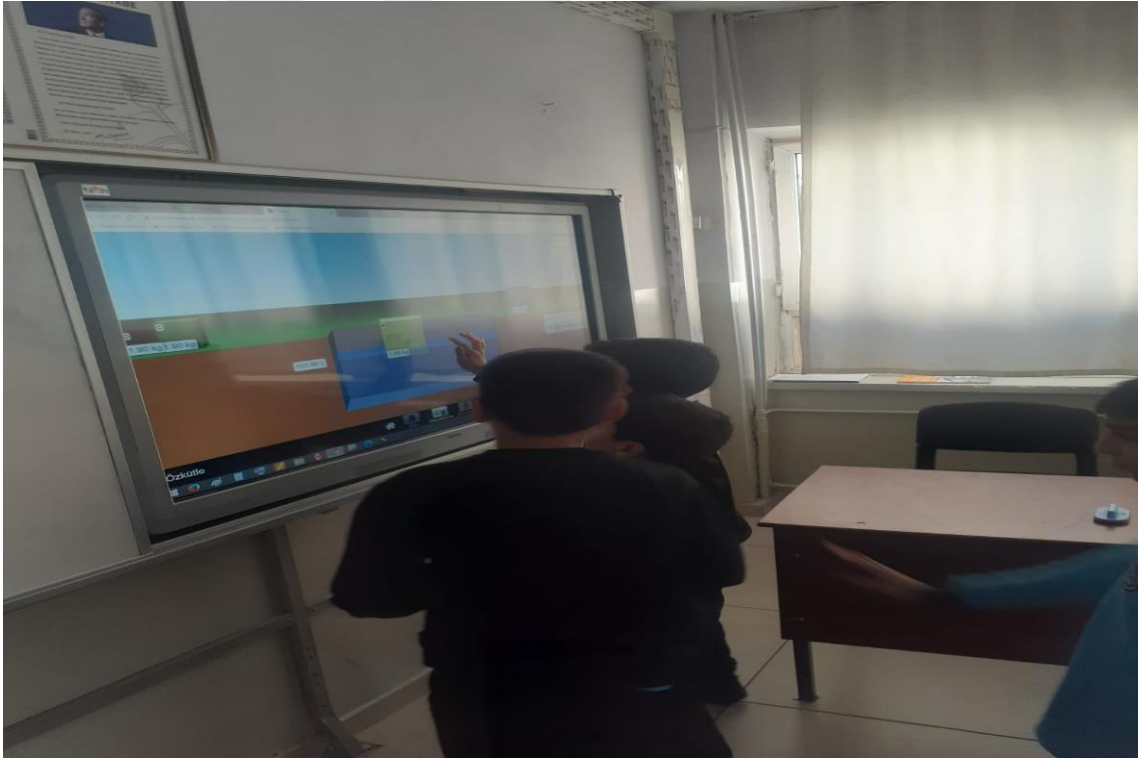
Teşekkürler.

Fene Yönelik Tutum Maddeleri	Hiç Katılmıyorum → Tamamen Katılıyorum				
	1	2	3	4	5
1. Fen dersini diğer derslerden zevkli bulurum.	1	2	3	4	5
2. Fen dersinde kendimi kötü hissedirim.	1	2	3	4	5
3. Fen öğrenmeyi gerekli bulurum.	1	2	3	4	5
4. Fen soruları beni korkutmaz.	1	2	3	4	5
5. Fen çalışmaktan keyif alırım.	1	2	3	4	5
6. Fen çalışırken kendimi rahat hissedirim.	1	2	3	4	5
7. Fen ile ilgili araştırmalar önemsizdir.	1	2	3	4	5
8. Fen dersi sevmediğim dersler arasındadır.	1	2	3	4	5
9. Fen konularını öğrenmekte güçlük çekerim.	1	2	3	4	5
10. Fen dersi ile ilgili projeler hazırlama konusunda endişe duymam.	1	2	3	4	5
11. Fen ile ilgili bir meslek tercih edeceğim.	1	2	3	4	5
12. Fen çalışırken gergin olmam.	1	2	3	4	5
13. Fen günlük yaşamımı kolaylaştırır.	1	2	3	4	5
14. Fen dersi ile diğer dersler arasında ilişki kurmakta sorun yaşarım.	1	2	3	4	5
15. Fen dersini sabırsızlıkla beklerim.	1	2	3	4	5
16. Fen ödevlerini yaparken kendime güvenmem.	1	2	3	4	5
17. Fen dersini dinlerken sıkılırım.	1	2	3	4	5
18. Fen dersi günlük hayatta karşılaştığım problemleri çözmek için katkı sağlar.	1	2	3	4	5
19. Fen dersinde eğlendiğimi hissedirim.	1	2	3	4	5
20. Fen ile ilgili soruları cevaplarken zorlanırım.	1	2	3	4	5
21. Fen derslerinde yaptığımız deneyler dikkatimi çekmez.	1	2	3	4	5
22. Fen projeleri hazırlama konusunda kendime güvenirim.	1	2	3	4	5
23. Fen çalışmak beni mutsuz eder.	1	2	3	4	5
24. Fen, dünyamızdaki sorunları çözmede faydasızdır.	1	2	3	4	5
25. Fen dersinde stresli olurum.	1	2	3	4	5
26. Fen dersinde kendimi iyi hissedirim.	1	2	3	4	5
27. Fen dersi kapsamında düzenlenen gezilere ilgi duymam.	1	2	3	4	5
28. Fen dersinin olduğu günlerde okul çekilmez hâle gelir.	1	2	3	4	5
29. Fen ile ilgili araştırma yapmak tam bana göredir.	1	2	3	4	5
30. Fen öğrenmek zaman kaybıdır.	1	2	3	4	5
31. Fen dersinde kendimi tedirgin hissedirim.	1	2	3	4	5
32. Fen ile ilgili yeni bilgiler öğrenmek hoşuma gider.	1	2	3	4	5
33. Fen dersinin olduğu gün okula gelmek istemem.	1	2	3	4	5
34. Fen problemlerini çözmekte iyiyimdir.	1	2	3	4	5
35. Fen konuları ilgimi çekmez.	1	2	3	4	5
36. Arkadaşlarımla fen konuları ile ilgili sohbet etmekten çekinmem.	1	2	3	4	5

EK 3: Uygulama Fotoğrafları









İZİN BELGELERİ

EK 4: Etik Kurul Kararı

Evrak Tarih ve Sayısı: 07.11.2023-19649



T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER
ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER
ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU
KARARLARI



Oturum Tarihi
02.11.2023

Oturum Saati
10:00

Oturum Sayısı
2023/20

Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu 02.11.2023 tarihinde saat 10:00'da Kurul Başkanı Prof. Dr. Mehmet Nuri GÖMLEKSİZ başkanlığında, aşağıda imzaları bulunan kurul üyelerinin katılımlarıyla toplanarak gündemdeki konuları görüşmüş ve aşağıdaki kararları almıştır.

Karar 12:Üniversitemiz Eğitim Fakültesi öğretim üyesi Prof. Dr. Erdal CANPOLAT'ın sorumlu araştırmacı olduğu ve yüksek lisans öğrencisi Emre DOĞAN'a ait, "**Yoğunluk Konusu Üzerine Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Akademik Başarıya, Tutunma ve Kalıcılığa Etkisi**" başlıklı çalışma etik Kurulumuzda görüşülmüş olup; çalışmanın etik kurallara uygun olduğuna oy birliğiyle karar verilmiştir.

Kurul Üyeleri:

Prof. Dr. Mehmet Nuri GÖMLEKSİZ

Prof. Dr. Sebahattin DEVECİOĞLU

Prof. Dr. Süleyman İLHAN

Prof. Dr. Kenan PEKER(Görevli)

Prof. Dr. İrfan EMRE

Prof. Dr. Taner YILDIRIM

Prof. Dr. Rıfat BİLGİN

Doç. Dr. Haki PEŞMAN

Doç. Dr. Yunus Emre KARAKAYA

Doç. Dr. Ayşe Ülkü KAN

Doç. Dr. Serkan BİÇER

Prof. Dr. Mehmet Nuri GÖMLEKSİZ
Kurul Başkanı

Prof. Dr. Sebahattin DEVECİOĞLU

Prof. Dr. Süleyman İLHAN

Prof. Dr. Rıfat BİLGİN

Prof. Dr. Taner YILDIRIM

Prof. Dr. İrfan EMRE

Doç. Dr. Haki PEŞMAN

Doç. Dr. Yunus Emre KARAKAYA

Doç. Dr. Ayşe Ülkü KAN

Doç. Dr. Serkan BİÇER

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK 5: Elazığ İl Milli Eğitim Müdürlüğü İzni

Evrak Tarih ve Sayısı: 02.04.2024-464628



T.C.
ELAZIĞ VALİLİĞİ
İl Milli Eğitim Müdürlüğü



Sayı : E-79137285-44-99873604
Konu : Anketler- Emre DOĞAN

29.03.2024

FIRAT ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
(Genel Sekreterlik)

İlgi : a) 13.03.2024 tarih ve E-80802877-044-456512 sayılı yazınız.
b) Valilik Makamının 26.03.2024 tarih ve E-79137285-44-99583972 sayılı onayı.

Üniversiteniz Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı Öğrencisi Emre DOĞAN'ın, Prof. Dr. Erdal CANPOLAT danışmanlığında "Yoğunluk Konusu Üzerine Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Akademik Başarıya, Tutuma ve Kalıcılığa Etkisi" konulu tez çalışmasına veri toplamak için izin isteği ilgi (a) yazınız ile Müdürlüğümüze bildirilmiştir.

Söz konusu uygulamanın Müdürlüğümüze bağlı İl Merkezinde bulunan Arif Nihat Asya Ortaokulu'nda öğrenim gören 6. Sınıf öğrencilere yönelik uygulanabilmesi için Valilik Makamından alınan ilgi (b) onay ve anket örnekleri yazımız ekinde sunulmuştur.

Bilgilerinize arz ederim.

Mehmet YİĞİT
Vali a.
Milli Eğitim Müdürü

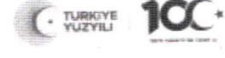
Ek:
1- Makam Onayı (1 Sayfa)
2- Anket (6 Sayfa)

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys>
Telefon No : Bilgi için:
E-Posta : Unvan : Memur
Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr İnternet Adresi : Faks:
Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. <https://evraksorgu.meb.gov.tr> adresinden c982-f23a-3a2d-af48-a21c kodu ile teyit edilebilir.



T.C.
ELAZIĞ VALİLİĞİ
İl Milli Eğitim Müdürlüğü



Sayı : E-79137285-44-99583972
Konu : Anketler- Emre DOĞAN

26/03/2024

VALİLİK MAKAMINA

İlgi : a) MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 21/01/2020 tarih ve 81576613-10.06.02-E.1563890 (2020/2) sayılı genelgesi.
b) Fırat Üniversitesinin 13.03.2024 tarih ve E-80802877-044-456512 sayılı yazısı.

Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı Öğrencisi Emre DOĞAN'ın, Prof. Dr. Erdal CANPOLAT danışmanlığında "Yoğunluk Konusu Üzerine Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Akademik Başarıya, Tutuma ve Kalıcılığa Etkisi" konulu tez çalışmasına veri toplamak için izin isteği ilgi (b) yazı ile Müdürlüğümüze bildirilmiştir.

Konu ile ilgili olarak ilgi (a) genelge çerçevesinde Müdürlüğümüz bünyesinde oluşturulmuş Bilimsel Araştırma İzin Değerlendirme Komisyonu **19/03/2024** tarihinde Müdürlüğümüz Strateji Geliştirme Şubesi Ar-Ge Biriminde toplanarak başvuru hakkında gerekli incelemeyi yapmıştır. Söz konusu uygulamanın Müdürlüğümüze bağlı İl Merkezinde bulunan Arif Nihat Asya Ortaokulu'nda öğrenim gören 6. Sınıf öğrencilerinden gerekli verilerin temin edilmesine yönelik **ders saatleri dışında** gönüllülük esasına dayalı olarak, okul idaresinin de izni doğrultusunda çalışmaların, eğitim öğretimi aksatmayacak şekilde **25/03/2024-24/05/2024** tarihleri arasında uygulamaya dahil edilen konularla sınırlı kalma şartıyla gerçekleştirilmesi Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınıza arz ederim.

Mehmet YİĞİT
Milli Eğitim Müdürü

OLUR
Armağan YAZICI
Vali a.
Vali Yardımcısı

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys>

Adres :

Telefon No :

E-Posta :

Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr

Bilgi için:

Unvan : Memur

İnternet Adresi :

Faks :

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. <https://evraksorgu.meb.gov.tr> adresinden 06d1-242c-39b8-9f92-4b9c kodu ile teyit edilebilir.



Ek 6: Orijinallik Raporu



T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ BENZERLİK RAPORU

FORM
20

I - ÖĞRENCİ BİLGİLERİ

Adı ve Soyadı	Emre DOĞAN	Öğrenci No:
Bilim Dalı	Fen Bilgisi Eğitimi	
Programı	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Doktora	

II - TEZ BİLGİLERİ

Tez Başlığı (Enstitü Tescilli)	6. Sınıf Yoğunluk Konusu Üzerine Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Akademik Başarıya, Tutuma Ve Kalıcılığa Etkisi
Danışman	Prof. Dr. Erdal CANPOLAT
II. Danışman	

III - ENSTİTÜ BENZERLİK RAPORU

Yukarıda bilgileri verilen öğrencimizin tezi, CD ortamında MSWORD ve PDF formatında vermiş olduğu kopyaları kullanılarak aşağıda belirtilen filtreler uygulanmak suretiyle TURNİTİN intihal tespit programında analiz edilmiştir:

1. Kaynaklar bölümü hariç
2. Özet ve Abstract dâhil, diğer ön bölümler hariç
3. Alıntılar dâhil
4. Benzerlik oranı %1 ve üzeri ise dâhil

İntihal tespit programının üretmiş olduğu rapora göre ilgili tezin benzerlik oranı

Tez savunma sınavından önce
taranan sayfa sayısı (82)

% 17

Tez Savunma Sınavından sonra
taranan sayfa sayısı (82)

% 19

değerlerine sahip olup Enstitümüzce uygulanan kabul edilebilir üst sınır %25'dir.

Kontrol Personeli Esengül KILIÇ	Tez, veri tabanına saklanmıştır. ☒ Saklanmamıştır. ☐	12/08/2024
Sınav Jüri Üyesi (Unvanı, Adı ve Soyadı)	Düşünce:	İmza

ÖZ GEÇMİŞ

- 2006 Balakgazi Lisesi
- 2012 Fırat Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Bölümü Fen Bilgisi Eğitimi Ana Bilim Dalından mezun olma
- 2013 Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Ana Bilim Dalı Fen Eğitimi Bilim Dalı Yüksek Lisans Programına Giriş

İLETİŞİM BİLGİLERİ

