KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

BASİT ELEKTRİK DEVRELERİ KONUSU İLE İLGİLİ KAVRAMLARIN ÖĞRETİMİNDE SANAL LABORATUVAR DESTEKLİ 7E ÖĞRETİM MODELİNİN ÖĞRENCİLERİN ZİHİNSEL MODELLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

DOKTORA TEZİ

Özden KARAGÖZ MIRÇIK

TRABZON
Şubat, 2018

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ BİLİM DALI

BASİT ELEKTRİK DEVRELERİ KONUSU İLE İLGİLİ KAVRAMLARIN ÖĞRETİMİNDE SANAL LABORATUVAR DESTEKLİ 7E ÖĞRETİM MODELİNİN ÖĞRENCİLERİN ZİHİNSEL MODELLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Özden KARAGÖZ MIRÇIK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nce
Doktor Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Danışmanı
Prof. Dr. Ahmet Zeki SAKA

TRABZON
Şubat, 2018

KTÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafından Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir. 09/02/2018

Tez Danışmanı	**: Prof. Dr. Ahmet Zeki SAKA**	**.....**
Üye	**: Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ**	**.....**
Üye	**: Prof.Dr. Celal BAYRAK**	**.....**
Üye	**: Prof.Dr. Mustafa YILMAZLAR**	**.....**
Üye	**: Prof. Dr. Tuncay ÖZSEVGEÇ**	**.....**

Onay

Yukarıda imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Nevzat YİĞİT

Enstitü Müdürü V.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Tezimin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalardan bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yaptığımı ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi, ayrıca bu çalışmanın Karadeniz Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan "bilimsel intihal tespit programı"yla tarandığını ve hiçbir şekilde "intihal içermediğini" beyan ederim. Herhangi bir zamanda aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonuca razı olduğumu bildiririm.

Özden KARAGÖZ MIRÇIK
09/02/2018

ÖN SÖZ

Teknolojideki hızlı değişimin eğitimdeki yadsımaları artık kaçınılmaz bir gerçektir. Ayrıca öğretmenlerin ve öğrencilerin teknolojiye olan ilgisi ve bağlılığı her geçen daha fazla artmaktadır. FATİH projesi kapsamında ortaöğretim okullarında akıllı tahta ve tablet kullanımı artmasına rağmen, Fizik Öğretmenlerinin ve öğrencilerin sanal laboratuvar programlarını kullanımı konusunda çekimser kaldıkları ve yeterli bilgiye ulaşamadıkları görülmektedir. Öğretmenlere sanal laboratuvar programlarını derslerinde kullanımı konusunda rehber olabilecek yeni ve kapsamlı bir öğreitm modeli olan 7E öğretim modeli ile örnek bir uygulama sunulmuştur. Teknolojideki yenilikler ve derslerdeki konuları gerçek hayatla ilişkilendirme konusunda öğrenciler daha fazla ilgi duymaktadırlar. Eğitimde kaliteyi arttırmak, okullardaki teknolojiyi doğru ve etkin kullanımını sağlamak, öğretmen ve öğrencileri bilinçlendirme amaçlı böyle bir araştırma tercih edilmiştir.

Doktora öğrenimim süresince, çalışmanın başından sonuna kadar her türlü yardımını ve desteğini esirgemeyen, birçok yönüyle örnek alıp takdir ettiğim değerli danışman hocam Prof.Dr. Ahmet Zeki SAKA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım esnasında bilgi ve birikimi ile yön veren ve önerilerinden daima yaralandığım değerli hocalarım Prof.Dr. Ali Rıza AKDENİZ, Prof.Dr. Tuncay ÖZSEVGEÇ, Prof.Dr. Ayşegül SAĞLAM ARSLAN, Prof.Dr. Nedim ALEV ve Doç.Dr. Arzu SAKA'ya teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütüldüğü İstanbul Küçükçekmece ilçesindeki iki Anadolu Lisesinde görev yapan Fizik Öğretmenlerine, öğrencilerine ve okul yöneticilerine de teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Çalışmalarımda kesintisiz manevi destek sağlayan babam, annem ve eşime şükranlarımı sunuyorum.

Ayrıca, tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan babama, anneme ve eşime sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Özden KARAGÖZ MIRÇIK

Trabzon 2018

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ ..... **IV**

İÇİNDEKİLER ..... **V**

ÖZET ..... **X**

ABSTRACT ..... **XII**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **XIV**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **XX**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **XXII**

1. GİRİŞ **1**

1. 1. PROBLEM DURUMU **4**

1. 2. Araştırmanın Amacı 9

1. 3. Araştırmanın Gerekçesi 9

1. 4. Araştırmanın Önemi 12

1. 5. Araştırmanın Sınırlılıkları 13

1. 6. Araştırmanın Varsayımları 13

2. LİTERATÜR TARAMASI **15**

2. 1. Araştırmanın Kuramsal Çerçevesi 15

2. 1. 1. Kavramlar ve Özellikleri 15

2. 1. 1. 1. Kavram Yanılgıları İle İlgili Yapılan Çalışmalar 17

2. 1. 2. Fizik Öğretiminde Modeller 21

2. 1. 2. 1. Zihinsel Modeller 24

2. 2. 7E Öğretim Modeli ve Özellikleri 27

2. 2. 1. 7E Öğretim Modeli ve REACT Stratejisi Arasındaki Farklar 30

2. 2. 2. 7E Öğretim Modelinin Uygulanma Sürecinde Dikkate Alınacak Noktalar 33

2. 2. 3. Araştırmada 7E Öğretim Modelinin Seçilme Nedenleri 33

2. 3. Sanal Laboratuvarlar ve Özellikleri 34

2. 3. 1. Sanal Laboratuvarların Fizik Öğretiminde Kullanımı 37

2. 3. 1. 1. Sanal Laboratuvarların Fizik Öğretiminde Kullanılma Gerekçeleri 37

2. 3. 1. 2. Sanal Laboratuvarlarının Fizik Öğretiminde Kullanımına Yönelik Yapılan Çalışmaların Metodolojileri 41

2. 3. 1. 3. Elektrik Konusunun Öğretimi İçin Kullanılan Sanal Laboratuvar Programları 42

2. 3. 1. 4. Sanal Laboratuvarların Fizik Öğretiminde Kullanılmasında Dikkate Alınacak Özellikler 54

2. 3. 1. 5. Araştırmada Kullanılacak Sanal Laboratuvar Programının Seçimi 55

2. 4. Elektrik Konusu İle İlgili Literatür Taraması 56

2. 4. 1. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamaları 56

2. 4. 2. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Gerekçeleri 57

2. 4. 3. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Metodolojileri 72

2. 4. 4. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Yürütülen Çalışmaların Veri Toplama Teknikleri ve Analiz Yöntemleri 75

2. 4. 5. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Bulguları 76

2. 4. 6. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Sonuçları 78

2. 4. 7. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Önerileri 81

2. 4. 8. Öğrencilerin Elektrik Konusundaki Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Dayalı Olarak Dikkate Alınacak Önemli Noktalar 82

2. 4. 9. Elektrik Konusu İle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları 84

3. YÖNTEM 88

3. 1. Araştırma Modeli 89

3. 2. Araştırma Grubu 89

3. 3. Araştırmanın Tasarım ve Uygulama Aşamaları 91

3. 3. 1. Başlangıç Aşaması: Araştırma Konusunun Belirlenmesi 91

3. 3. 2. Planlama Aşaması 92
3. 3. 3. Ön Çalışma Aşaması 95
3. 3. 4. Asıl Uygulama Aşaması 98
3. 3. 4. 1. Asıl Uygulama Aşamasında Deney Grubu ile Yapılan Etkinlikler 99
3. 3. 4. 2. Asıl Uygulama Aşamasında Kontrol Grubu ile Yapılan Etkinlikler 99
3. 4. Araştırmada Uygulanan Öğretim Materyalleri 100
3. 4. 1. Araştırmada Kullanılacak Sanal Laboratuvar Programı 100
3. 4. 2. Araştırmada Kullanılan Öğretim Materyalleri 100
3. 4. 2. 1. Literatürün İncelenmesi ve Kazanımların Belirlenmesi.....101
3. 4. 2. 2. Materyalin Tasarlanması ve Oluşturulması 101
3. 4. 2. 3. Materyalin Uzmanlar ve Öğretmenler Tarafından Değerlendirilmesi .111
3. 4. 2. 4. Materyalin Pilot Uygulamasının Değerlendirilmesi 113
3. 5. Verilerin Toplanması.....114
3. 5. 1. Veri Toplama Araçları 115
3. 5. 1. 1. Gözlem.....115
3. 5. 1. 2. Mülakat.....117
3. 5. 1. 3. Basit Elektrik Devreleri Konusuna İlişkin Kavram Testi 119
3. 5. 1. 3. 1. Araştırmada Kullanılan Kavram Testinin Geliştirilmesi.....121
3. 5. 1. 3. 2. Kavram Testinin Pilot Uygulaması ve Asıl Uygulama İçin Düzenleme Çalışmaları.....123
3. 5. 1. 3. 3. Kavram Testinden Elde Edilen Verilerin Analizi 124
3. 5. 2. Öğrenme Ortamının Analizi.....128
3. 5. 2. 1. Öğrenci Çalışma Yapraklarını Dikkate Alarak Yapılan Süreç Analizi 128
3. 5. 3. Zihinsel Modellerin Oluşturulması 128
3. 5. 4. Geçerlilik ve Güvenirlik Çalışmaları.....129
4. BULGULAR.....130
4. 1. Araştırmanın Birinci Alt Problemi ile İlgili Bulgular.....130
4. 1. 1. Basit Elektrik Devreleri Kavram Testinden Elde Edilen Bulgular.....130
4. 1. 2. Öğrenciler ile Yürütülen Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular.....140
4. 2. Araştırmanın İkinci Alt Problemine Yönelik Bulgular 141
4. 2. 1. Basit Elektrik Devreleri Kavram Testinden Elde Edilen Bulgular.....141

4. 2. 2. Öğretim Materyalin Uygulanmasından Elde Edilen Bulgular 146

4. 2. 3. Mülakat Bulguları 148

4. 2. 4. Öğrencilerin Sahip Olduğu Zihinsel Modeller 148

4. 3. Araştırmanın Üçüncü Alt Problem İle İlgili Bulgular.....150

4. 3. 1. Basit Elektrik Devreleri Kavram Testinden Elde Edilen Bulgular.....150

4. 4. Araştırmanın Dördüncü Alt Problemi ile İlgili Bulgular.....155

4. 5. Araştırmanın Beşinci Alt Problemine Yönelik Bulgular.....156

4. 5. 1. Öğretmenler ile Yürütülen Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular 157

4. 5. 2. Öğrencilerle Yapılan Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular.....159

4. 5. 3. Gözlemlerden Elde Edilen Bulgular.....161

4. 6. Bulguların Özeti.....166

5. TARTIŞMA 171

5. 1. Araştırmanın Birinci Alt Problemi ile İlgili Tartışma.....171

5. 2. Araştırmanın İkinci Alt Problemi ile İlgili Tartışma 176

5. 3. Araştırmanın Üçüncü Alt Problemi ile İlgili Tartışma 178

5. 4. Araştırmanın Dördüncü Alt Problemi İle İlgili Tartışma.....179

5. 5. Araştırmanın Beşinci Alt Problemi İle İlgili Tartışma.....180

5. 5. 1. Öğretmenler İle Yürütülen Mülakatlardan Elde Edilen Bulgulara Yönelik Tartışma 181

5. 5. 2. Öğrenciler İle Yürütülen Mülakatlardan Elde Edilen Bulgulara Yönelik Tartışma 182

5. 5. 3. Gözlemlerden Elde Edilen Bulgulara Yönelik Tartışma 182

6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....183

6. 1. Sonuçlar.....183

6. 1. 1. Birinci Alt Problemle İlgili Sonuçlar.....183

6. 1. 2. İkinci Alt Problemle İlgili Sonuçlar 184

6. 1. 3. Üçüncü Alt Problemle İlgili Sonuçlar.....185

6. 1. 4. Dördüncü Alt Problemle İlgili Sonuçlar 185

6. 1. 5. Beşinci Alt Problemle İlgili Sonuçlar 186

6. 2. Öneriler 188

6. 2. 1. Fizik Öğretmenlerine Yönelik Öneriler.....188

6. 2. 2. Program Geliştirme Uzmanları ve Ders Kitapları Yazarlarına Yönelik Öneriler 190

6. 2. 3. Benzer Çalışmalar Yürütecek Araştırmacılara Yönelik Öneriler.....192

7. KAYNAKLAR 193

8. EKLER 218

9. ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ.....271

ÖZET

Basit Elektrik Devreleri Konusu İle İlgili Kavramların Öğretiminde Sanal Laboratuvar Destekli 7E Öğretim Modelinin Öğrencilerin Zihinsel Modelleri Üzerindeki Etkileri

Bu araştırmanın amacı, fizik öğretiminde sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline dayalı geliştirilen öğretmen rehber materyalini değerlendirmektir. Bu kapsamda geliştirilen öğretmen rehber materyalleri "Basit Elektrik Devreleri" konusu ile ilgili öğrencilerin kavramsal değişimlerine, zihinsel modellerine, öğrenme üzerindeki etkilerine ve başarılarına etkileri boyutlarında değerlendirmektir.

Araştırmanın örneklemini İstanbul Küçükçekmece'deki iki farklı Anadolu Lisesi'nde öğrenim gören 7 Fizik Öğretmeni, 1 Elektrik Öğretmeni ile iki deney iki kontrol grubundan oluşan 86 öğrenci (N_{deney}=44, $N_{kontrol}$=42) oluşturmaktadır. Araştırmada "Deneysel Araştırma" yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada, Crocodile Physics 401 ve Phet isimli programlar kullanılmıştır. Araştırmanın hipotezlerini test etmek için nitel ve nicel veri toplama araçları kullanılmıştır. Bu araçlardan ilki, öğrencilerin basit elektrik devreleri konusu ile ilgili alternatif kavramlarını belirlemeye yönelik kavram testidir. İkincisi, öğrencilerin gelişimini izlemek için öğretim materyali (çalışma yaprakları) ve sanal laboratuvar programları ile oluşturulan dosyalardır. Ayrıca hazırlanan materyallerin öğrencilerin öğrenme güçlüklerinin giderilmesine ve süreç içerisindeki uygulama becerilerine etkilerini belirleyebilmek için nitel veriler kapsamında gözlem ve mülakatlardan yararlanılmıştır.

Sanal laboratuvar programları ile destekli 7E öğretim modeli kapsamında geliştirilen uygulamalar toplamda beş hafta süre ile araştırma hakkında eğitim verilen ve uygulama gruplarına çalışılan okulun fizik öğretmenleri tarafından uygulanmıştır. Araştırmacı, uygulamalar boyunca derslerde fizik öğretmenlerine yardımcı olmuştur. Elde dilen veriler, One-Sample T-Tesi, Wilcoxon Eşleştirilmiş Örneklem Testi ve İlişkili Ölçümler için İki-faktörlü Varyans Analizi (Two-Way ANOVA) kullanılarak analiz edilmiştir. Bu bağlamda, sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeli ile desteklenen uygulamalar, öğrencilerin kavramsal değişimlerine ve zihinsel modellerine olumlu katkı sağladığı, süreç içindeki uygulama becerilerini, ilgi ve motivasyonlarını arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca Fizik Öğretmenleri de geliştirilen materyal ve uygulamalar hakkında olumlu görüş bildirseler de, BT sınıflarında ders işleme, uygulamaların uzun sürmesi, konuları yetiştirme gibi nedenlerden dolayı sürekli kullanma konusunda isteksiz olduklarını belirtmişlerdir. Araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar, öğretmen ve öğrenci görüşleri alınarak ortaöğretim öğrencileri için uygun sanal laboratuvarın seçilip-uygulanması, 7E öğretim modeli ile birlikte kullanılarak zenginleştirilmiş öğretmen materyalinin geliştirilmesi,

uygulanmalar sırasında yaşanan sorunların tespiti, öğrencilerin kavramsal değişimlerine ve zihinsel modelleri üzerindeki etkileri irdelenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar dikkate alınarak, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından fizik öğretiminde sanal laboratuvar programların ile farklı öğretim modellerinin birlikte kullanımı konusunda öğretmen eğitiminde ve hizmet içi eğitimlerde sunulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Fizik Öğretimi, 7E Öğretim Modeli, Sanal laboratuvar Programları

ABSTRACT

The Effects of Virtual Laboratory Assisted 7E Instructional Model on Students' Mental Models in Teaching Concepts on Simple Electric Circuits

The aim of this research is to evaluate the teacher guide material developed in the physics teaching based on the virtual laboratory supported 7E teaching model.In this context, the teacher guide materials developed in this context are to evaluate the conceptual changes of the related students, mental models, effects on learning and their effects on the dimensions of "Simple Electric Circuits".

The sample of the research formseighty six students (N_{exp}=44, N_{cont}=42) studying at two Anatolian High Schools in İstanbul K.Çekmece, seven Physics Teachers andone Electrical Teacher."Experimental Research" method was used in the research. Crocodile Physics 401 and Phet programs were used in the research. Qualitative and quantitative data collection tools were used to test the research hypotheses. The first of these tools is conception test to determine the alternative concepts of students about simple electrical circuits. The second is for monitoring the development of the studentswith the files created with virtual laboratory programs and the teaching material (worksheets). In addition, observation and interviews were used within the scope of qualitative data to determine the effects of the prepared materials on the learning difficulties of the students and their effect on the application skills in the process.

The applications developed within the scope of the 7E instructional model supported by the virtual laboratory programs were implemented by the physics teachers of the school who were given training about the research for five weeks and who were working on the application groups. The researcher helped the physics teacher in courses throughout the practice. Datasobtained from study results were analyzed using One Sample T-Test, Two Way ANOVA and Wilcoxon 2 Related Samples Test.

In this context, it has been determined that the applications supported by the virtual laboratory supported 7E teaching model contribute positively to the conceptual changes and mental models of the students and increase the application skills, interests and motivations in the process.

In addition, Physics Teachers stated that they are reluctant to use constantly for reasons such as course processing in IT classes, prolongation of applications and training of topics in positive feedbacks about developed materials and applications.The results obtained in the scope of the research, the selection and implementation of the virtual lab suitable for the secondary school students by taking the opinions of the teachers and

students, the development of the enriched teacher material by using together with the 7E teaching model, the detection of the problems experienced during the implementation, the conceptual changes of the students and the effects on the mental models.Considering these results, it should be presented by the Ministry of National Education in teacher education and in-service trainings on the use of virtual laboratory programs and different teaching models in physics teaching.

Key Words: Physics Teaching, 7E Teaching Model, Virtual Laboratory Programs

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
1.	Kavram Yanılgılarını Tespit Etmek Amacıyla Kullanılan Tekniklerle İlgili Sınıflandırma	19
2.	7E Öğretim Modeli İle REACT Stratejisinin Benzer ve Farklı Özellikleri	31
3.	Elektrik Konusu İle İlgili Belirlenen Zihinsel Modellere Yönelik Yapılan Çalışmalar	62
4.	Yapılan Çalışmalarda Elektrik Konusuyla İlgili Belirlenen Kavram Yanılgıları	69
5.	Ortaöğretim Öğrencilerinin Elektrik Konusunda Sahip Oldukları Kavram Yanılgıları	70
6.	Öğrenci Algılamalarıyla İlgili Araştırmaların Metodolojileri	72
7.	Kavram Yanılgılarının Giderilmesi Amacıyla Yapılan Çalışmalarda Kullanılan Metotlar	74
8.	Öğrenci Algılamalarını İrdeleyen Çalışmaların Veri Toplama Teknikleri Ve Analiz Yöntemleri	75
9.	Öğrenci Algılamalarıyla İlgili Araştırmalara Ait Önemli Bulgular	76
10.	Öğrenci Algılamalarıyla İlgili Araştırmalarda Elde Edilen Önemli Sonuçlar	79
11.	Öğrenci Algılamalarıyla İlgili Araştırmalarda Sunulan Öneriler	81
12.	Araştırma Yöntemi Kapsamında Kullanılan Veri Toplama Araçları	89
13.	Fizik Eğitimi Uzmanlarının Özellikleri	90
14.	Örneklemdeki Öğretmenlerin Özellikleri	90

15. Araştırmaya Katılan Çalışma Grubunun Demografik Özellikleri..... 91

16. Pilot Uygulama Sürecinin Gösterimi 95

17. Araştırmada Yapılan Çalışmalar, Çalışma Grupları ve Uygulama Zamanları 98

18. 7E Öğretim Modeli Kapsamında Sanal Laboratuvar Programı Destekli Öğretmen Ders Materyalinin Özellikleri..... 102

19. Ders Materyali Değerlendirme Ölçeğindeki Yapısal Değerlendirmeye İlişkin Ortalamalar 112

20. Ders Materyali Değerlendirme Ölçeğindeki İçeriksel Değerlendirmeye İlişkin Ortalamalar 113

21. Öğrencilerin Pilot Çalışmadaki Etkinliklere Yönelik Performans Değerlendirmeleri..... 114

22. Örneklem Grubuna Uygulanan Veri Toplama Teknikleri..... 115

23. Fizik Öğretmenleri İçin Kullanılan Mülakat Soruları 118

24. Öğrenciler İçin Kullanılan Mülakat Soruları..... 118

25. Yarı Yapılandırılmış Mülakat Yapılan Öğrencilere Ait Bilgiler 119

26. Kavram Testindeki Kıyaslanma Yapılan Sorular ve Kazanımları 123

27. Öğrencilerin Pilot Uygulamadaki Ön Test - Son Test Bulguları..... 123

28. Kavram Testindeki 1. Sorunun Bölümleri ve Yapılan Puanlama..... 125

29. Kavram Testindeki 2. ve 3. Sorunun Bölümleri ve Yapılan Puanlama..... 126

30. Kavram Testindeki 4-15.Sorulara Verdikleri Cevaplara Göre Puanlama..... 126

31. Kavram Testindeki 16. Sorunun Bölümleri, Yapılan Puanlama Düzeyleri 127

32. Kavram Testindeki 17. Sorunun Bölümleri ve Yapılan Puanlama Düzeylerine Göre İşlemler 127

33. Öğrencilerin Çalışma Yapraklarındaki Cevaplarının Analizinde Kullanılan Puanlama Düzeyleri ve Yapılan İşlemler 128

34. Araştırmaya Katılan Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin Toplamda Öntest-Sontest Başarı Puanları 131

35. Araştırmaya Katılan Öğrencilerinin Öntest-Sontest Başarı Puanları 131

36. 1. Soruda Elektrik Nesnelerinin İsimlerine Yönelik Cevapların Analizi 132

37. 1. Soruda Elektrik Nesnelerinin Gerçek Görünümlü Şekillerine Yönelik Cevapların Analizi 132

38. 1. Soruda Elektrik Sembollerine Yönelik Cevapların Analizi 132

39. 2. Soruda Elektrik Devresi Çizmeye Yönelik Cevapların Analizi 133

40. 2. Soruda Yüklerin Yönünü Doğru Şekilde Gösterebilmeye Yönelik Cevapların Analizi 133

41. Öğrencilerin 3. Sorudaki Akım Yönünü Doğru Gösterebilmeye Yönelik Cevapların Analizi 133

42. Öğrencilerin 4. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 134

43. Öğrencilerin 5. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 134

44. Öğrencilerin 6. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 134

45. Öğrencilerin 7. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 135

46. Öğrencilerin 8. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 135

47. Öğrencilerin 9. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 135

48. Öğrencilerin 10. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 136

49. Öğrencilerin 11. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 136

50. Öğrencilerinin 12. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi..... 137

51. Öğrencilerin 13. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 137

52. Öğrencilerin 14.Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 137

53. Öğrencilerin 15. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi 138

54. Öğrencilerin 16. Sorunun 1. Bölümüne Verdikleri Cevapların Analizi 138

55. Öğrencilerin 16. Sorunun 2. Bölümüne Verdikleri Cevapların Analizi 139

56. Öğrencilerin 17. Sorudaki Seri Devrenin Doğru Şekilde Bağlanmasına İlişkin Verilen Cevapların Analizi..... 139

57. Öğrencilerin 17. Sorudaki Paralel Devrenin Doğru Olarak Bağlanmasına İlişkin Cevapların Analizi..... 139

58. Öğrencilerin Yapılan Uygulamalar Hakkındaki Görüşleri 140

59. 2. Soruda Belirtilen Basit Bir Elektrik Devresi Çizimi İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 141

60. 2. Soruda Belirtilen Yüklerin Hareketi İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 142

61. 3. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 142

62. 4. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 142

63. 5. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 142

64. 6. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 143

65. 7. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 143

66. 8. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 143

67. 9. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 143

68. 10. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 144

69. 11. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 144

70. 12. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 144

71. 13. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 144

72. 14. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 145

73. 15. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 145

74. 16. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri 145

75. 17. soru ile ilgili öğrencilerin anlama seviyeleri 146

76. Mülakat Verilerine Göre Öğrencilerin Sahip Olduğu Zihinsel Modeller 148

77. Uygulama Öncesi ve Sonrasında Öğrencilerin (N=44) Sahip Olduğu Zihinsel Modellerin Karşılaştırılması..... 149

78. Öğrencilerin Ön Test ve Son Testte Verdikleri Cevaplardan Alıntılar..... 150

79. Öğrencilerin Uygulamalar Öncesinde Sahip Oldukları Alternatif Fikirlerden Bazıları 154

80. Öğrencilerin Uygulamalar Sonrasında Sahip Oldukları Alternatif Fikirlerden Bazıları 155

81. Öğrencilerin Uygulamalar Sonucu Sahip Oldukları Zihinsel Modellerin Karşılaştırılması 156

82. Uygulama Öğretmenlerinin Uygulamalar Hakkındaki Görüşleri 157

83. Öğrencilerin Uygulamalar Hakkındaki Görüşleri 160

84. Fizik Öğretmenlerinin Uygulamalarından Elde Edilen Gözlem Bulguları..... 162

85. Anadolu Lisesi-1 Deney Grubu Öğrencilerinden Elde Edilen Gözlem Bulguları 163

86. Anadolu Lisesi-2 Deney Grubu Öğrencilerinden Elde Edilen Gözlem Bulguları 164

87. AL-1 Deney Grubu Öğrencilerinden Elde Edilen Gözlem Bulguları..... 164

88. Anadolu Lisesi-2 Deney Grubu Öğrencilerinden Elde Edilen Gözlem Bulguları 165

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
1.	Bybee (2003) ve Eisenkraft'a (2003) göre 5E öğretim modelinden 7E öğretim modeline geçişin gösterimi	29
2.	Elektrik konusu için hazırlanmış bir sanal laboratuvarın donanım ve yazılım yapısı	36
3.	Edison5 programına ait ekran görüntüsü	43
4.	Tina Pro programına ait ekran görüntüsü	43
5.	Interactive Physics programına ait ekran görüntüsü	44
6.	Crocodile Physics programının ekran görüntüsü	44
7.	Circuit Shop programına ait örnek bir ekran görüntüsü	45
8.	JHKSOFT Electricity Lab programına ait örnek bir ekran görüntüsü	46
9.	Elektronics Workbench programına ait örnek bir ekran görüntüleri	46
10.	Pspice programına ait örnek bir ekran görüntüsü	47
11.	Physlets programına ait örnek bir görüntü	48
12.	PhET programına ait örnek bir ekran görüntüsü	48
13.	Java programında elektrik konusu için tasarlanmış örnek bir simülasyonun ekran görüntüsü	49
14.	Stella programına ait örnek bir ekran görüntüsü	49
15.	PowerSim programına ait örnek bir ekran görüntüsü	50
16.	Proteus programına ait örnek bir ekran görüntüsü	50

17. Modellus programının ekran görüntüsü 51

18. Çizgi-Tagem sitesindeki bir sanal laboratuvar ekranından görünüm 52

19. Virtual Labs Electricity DL programından örnek bir ekran görünümü 52

20. Electric Circuits Kitbook (Elektrik Devreleri Kitabı) 53

21. OpenGL uygulamasına ait ekran görünümü 53

22. Tek Kutuplu Model 64

23. Çarpışan Akımlar Modeli 64

24. Zayıflayan Akım Modeli 65

25. Tek Yönlü Korunan Akım Modeli 65

26. Çalışma tasarımının şematik gösterimi 94

27. Materyal geliştirme sürecinde izlenen aşamalar 101

28. Birinci aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı 104

29. İkinci aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı 105

30. Üçüncü aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı 107

31. Üçüncü aşama ile ilgili bir diğer öğrenci etkinliği 108

32. Dördüncü aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı 109

33. Beşinci aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı 110

34. Altıncı aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı 110

35. Yedinci aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı 111

KISALTMALAR LİSTESİ

MEB : Milli Eğitim Bakanlığı

BT : Bilişim Teknolojileri

FATİH : Fırsatları Artırma ve Teknolojiyi İyileştirme Hareketi

EBA : Eğitimde Bilişim Ağı

SBS : Seviye Belirleme Sınavı

AL : Anadolu Lisesi

1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojideki hızlı değişim ve gelişim birçok alanda olduğu gibi eğitim ve öğretim üzerinde de etkili olmaktadır. Bilginin insanın algısını aşacak bir hız ile arttığı günümüzde, değişime ve teknolojiye ayak uydurabilen nitelikli insanlar yetiştirilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı bireyin yetenek ve özelliklerine uygun eğitim ve öğretimin gerçekleştirilmesi için birçok yeni teori, yöntem ve teknik geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir. Bu bağlamda yaşadığı evreni beklenen düzeyde anlayan, bilim ve teknolojideki gelişimleri doğru ve etkin şekilde kullanabilen insan yetiştirmenin önemi de her geçen gün artmaktadır.

Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler analitik düşünme becerisi gelişmiş, teknolojiyi kullanabilen ve bilimin doğasını kavrayan bireyler yetiştirmeyi amaçlamaktadırlar. Fakat yapılan çalışmalar (Ateş ve Polat, 2005; İyibil ve Sağlam-Arslan, 2010; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Satır, 2007; Podolefsky, 2006; Ünal-Çoban ve Kaya-Şengören, 2009; Vosniadou ve Brewer, 1992) eğitimin her aşamasında, öğretilen bilgi ile öğrenilen bilgi arasında farklılıkların olduğunu göstermektedir. Bu durum, alan eğitiminin önemini ön plana çıkarmaktadır. Fizik eğitimcileri de bu süreçte gerekli sorumluluklarını üstlenerek 21. yüzyılda fizik öğretiminde neler-nasıl öğretilmesi gerektiği veya öğretilebileceği ile ilgili çalışmalar yapmaktadırlar (Kurnaz, 2011). Bu kapsamda geliştirilen programların konu tabanlı olmaktan ziyade, kavram temelli olarak hazırlandığı görülmektedir (Çepni, Ayas, Johnson ve Turgut, 1997; Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] 2007, 2013). Buna gerekçe olarak, bilgi birikimindeki hızlı artış ve fizik öğretim programındaki konuların öğretiminde yaşanan zorluklar gösterilmektedir (Çalık, 2006; MEB, 2007, 2013). Ayrıca öğrencilerin, öğretim sürecine programdaki kavramlarla ilgili belirli ön bilgilere sahip olarak katıldıkları vurgulanmaktadır (Narjaikaew, 2012; Sencar ve Eryılmaz, 2002; Ünal-Çoban ve Kaya-Şengören, 2009).

Ainsworth (2006) ve McKendre, Small, Stenning ve Conion'a (2002) göre, anlamlı bir zihinsel yapılandırma için birden fazla sunum daha etkili olmaktadır. Bu görüş son yıllarda yapılan çalışmalarda kendini "Çoklu Sunum [Multiple (External) Representations]" olarak göstermiştir. Öğrencilerin kavramsal öğrenmelerini gerçekleştirmede kullanılan çoklu sunumların (Çıkla, 2004; Van der Meij, 2007; Zou, 2000) öğretim sürecinde kullanılmasının öğrenme üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda, uygun sunumlarla etkileşimin öğrencilerin performansını arttırdığı belirtilmektedir (Alkan, 1984; Çıkla, 2004; Güneş ve Çelikler, 2009; Yalın, 2001).

Öğrencilerin ön edinimlerinin, onların zihinsel modelleri olduğu ve çoklu sunumların öğrencilerin zihinsel yapılandırmalarının yardımcısı olduğu vurgulanmaktadır (Devi, Tiberhien, Baker ve Brna 1996; Hestenes, 2006). Burada temel nokta, öğrenme sürecinde zihinsel yapılandırmaya etki eden dışsal sunumların çeşitliliğini arttırarak öğrencilere zengin sunumlarla hitap edebilmektir (Kurnaz, 2011).

Çoklu sunum yöntemleriyle bilginin sunumu kalıcı öğrenmeyi desteklemekte (White, 1992), bilginin haritalanmasına yardımcı olmakta (Schnotz, 2002), öğrencilerin performanslarını arttırmakta (Scaife ve Rogesr, 1996), bilginin tablo, grafik ya da sözcük gibi başka formlara dönüştürmeye yardımcı olmakta (Redish, 2004) ve derse ilgilerini çekmektedir (Heuvelen ve Zou, 2001; Zou, 2000). Günümüzde genellikle bilgisayar destekli çoklu sunumlar kullanılmakta ve geleneksel öğretim yöntemine göre öğrenci üzerinde akademik başarı, yaratıcı düşünme, kavramları daha iyi öğrenme ve derse ilgiyi artırma gibi olumlu etkiler yaptığı belirtilmektedir (Jimoyiannis ve Komis, 2001; Birinci-Konur, Sezen ve Tekbıyık, 2010; Webb, 1997). Etkili bir fizik öğretiminin ezber yolu ile değil; tartışarak, düşünerek, değerlendirme yaparak, yeni edinilen bilgileri eski bilgilerle bağdaştırarak öğrenci zihninde yapılandırılması ile sağlandığına dikkat çekilmektedir. Bundan dolayı öğrenme ortamındaöğrencileri tartışmaya sevk edecek, yeni edinilen ve bunları geçmiş bilgileri ile yapılandırmalarına olanak sağlayacak öğretim materyallerinin öğrenme ortamında kullanılması önerilmektedir. Öğretim araçları ile desteklenen bir öğretimin en önemli özelliğinin; öğretimi ilgi çekici, sürükleyici, verimli ve ekonomik hale getirilerek, zenginleştirmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Akpınar ve Ergin, 2005).

Günlük yaşam konuları ile ilgili olan fizik kavramlarının öğrenciler tarafından nasıl algılandığına yönelik pek çok araştırma (Ateş ve Polat, 2005; Borges ve Gilbert, 1999; Findlay, 2010; Fredericsen, İyibil ve Sağlam-Arslan, 2010; Sağlam-Arslan ve Kurnaz, 2009; Sencar ve Eryılmaz, 2002; Ünal-Çoban ve Kaya-Şengören, 2009; Vosniadou ve Brewer, 1992; White ve Gutwill, 1999) gerçekleştirilmekte ve belirlenen yanılgıların giderilmesine yönelik kavramsal öğrenmeyi temel alan uygulamalar yürütülmektedir (Carey, 2000; Küçük, Çepni ve Gökdere, 2005; Küçüközer ve Kocakülahlı, 2007). Bazı araştırmacılar, çalışma yaprakları (Ünal-Çoban ve Kaya-Şengören, 2009), kavramsal değişim metinleri (Altuntaş-Aydın, 2011; Karakuyu ve Tüysüz, 2011), analoji kullanımı (Aykutlu ve Şen, 2011; Podolefsky, 2006; Sangam, Jesiek ve Thompson, 2011) gibi stratejilerin kullanımının olumlu etkilerine dikkat çekmelerine rağmen (Çalık, 2006; Sağlam-Arslan, Devecioğlu-Kaymakçı ve Arslan, 2009) sıklıkla kullanımının öğrencileri sıkabileceğini ve öğrenmeyi engelleyebileceğini vurgulamaktadırlar.

Gelişen teknolojiye uygun olarak geliştirilen ve gerçek dünyayı modelleyen üst düzey yazılımlar olan sanal laboratuvar programları, son 30 yıldır eğitim-öğretim alanında

kullanılmaktadır. Özellikle fizik, kimya, biyoloji, matematik, mühendislik, pilotluk ve tıp eğitiminde kullanılan sanal laboratuvar programlarının, öğrencilerin akademik başarılarını, derse karşı olan ilgilerini ve bilgilerini başka formlara (tablo, grafik ya da sözcük gibi) dönüştürmelerine yardımcı olduğu belirtilmektedir (Bozkurt, 2008; Dornelers, Veit ve Moreira, 2010; Karagöz ve Özdener, 2007; Özdener, Karagöz ve Bayrak, 2005). Ayrıca öğrencilerin en çok etkileşim halinde bulunabilecekleri, aktif olarak derse katılabilecekleri ve günümüz teknolojisinde en fazla dışsal sunuma sahip olabilecekleri sanal laboratuvar programları ile öğrencilerin anlamlı öğrenme gerçekleştirebileceklerine dikkat çekilmektedir (Bozkurt, 2008; Dornelers, Veit ve Moreira, 2010; Karagöz, 2006; Karagöz ve Özdener, 2007; Özdener ve diğ., 2005).

MEB tarafından öğrencilere kaynak ders kitapları sağlanırken, 2014 yılı itibariyle lise fizik dersleri için henüz öğretmen kılavuz kitabı düzenlenmemiştir. Öğretmen kılavuz kitaplarının eksikliği, öğretmenlerin ders etkinliklerini, öğretim programlarındaki fizik dersi kazanımlarına veya genel mesleki deneyimlerine dayalı olarak yürütmelerine neden olmaktadır (Kan, 2012). Öğretmenlerin mesleki deneyimlerini yeni öğretim programlarına nasıl aktardıklarının yanında; gelişen teknoloji ve öğretim yöntemlerini derse uyarlama şekilleri de yeni bir tartışma konusunu oluşturmaktadır.

Çağdaş öğretim yöntemleri dikkate alınarak hazırlanan yeni öğretim programlarının, geleneksel yöntemlerle sürdürülmesi, hedeflenen öğrenci kazanımlarına istenilen düzeyde ulaşılmasını sağlayamamaktadır. 1970'li yıllardan sonra bilişsel öğrenme kuramının öğrenme ortamlarında kullanılmasıyla birlikte, Probleme Dayalı Öğrenme yöntemi, Bilgisayar Destekli Öğrenme, Bağlam Temelli Öğrenme yaklaşımları, 5E ve 7E modelleri gibi pek çok öğretim yöntemi geliştirilmiştir. Öğrencinin öğretim sürecine aktif olarak katılımını gerektiren bu öğretim yöntemlerinde, öğretmenler için rehber olabilecek ve öğretim sürecine yönelik koşullara göre esneklik gösterebilecek öğretim modellerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

Öğretim program ve yöntemleri gelişim gösterdiği gibi, öğretim teknolojileri de zamanla değişmekte ve gelişmektedir. Fırsatları Artırma ve Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH) kapsamında başlatılan "Her sınıfa bir Akıllı Tahta ve her öğrenciye ve öğretmene tablet" projesi ile bilgisayarlaşma oranı hızla artmaktadır. Bu proje kapsamında öğretmenler bilgisayar destekli ders işleyebilecek; öğrenciler ise, tabletlerindeki programlar sayesinde derse daha aktif olarak katılabilecek duruma gelmiştir. Kullanılan bilgisayar programları sayesinde öğrenciler, görerek, duyarak, sınırsız uygulama ve tekrar yaparak konuyu ayrıntıları ile öğrenebilme imkânına kavuşmuştur. Bu durum, öğrencilerin ve öğretmenlerin sanal laboratuvar programlarını daha çok kullanmalarını gerektirmektedir.

Yürütülen çalışmada, yapılandırmacı öğrenme kuramı kapsamında 7E öğretim modeline göre “Elektrik ve Manyetizma” ünitesindeki “Basit Elektrik Devreleri” konusunda sanal laboratuvar programları kullanılarak geliştirilen uygulamaların ortaöğretim öğrencilerinin zihinsel modelleri üzerindeki etkilerinin araştırılması planlanmaktadır.

1. 1. Problem Durumu

Fizik inceleme alanı gereği; gerçek hayatta sıklıkla kullanılan pek çok kavramı içerdiği gibi, farklı disiplinlerde temel olarak kabul edilen kavramları da içermektedir (Kurnaz, 2011). Kuvvet, hareket, enerji, ışık, ses, sıcaklık, elektrik, manyetizma bu kavramlara örnek olarak verilebilir. Fizik dersindeki kavramlar arasında günlük yaşantımızda sıkça karşılaştığımız, ilköğretim düzeyinden itibaren öğretim programlarında olan ve doğru kullanılmadığı takdirde tehlikeli hatta ölümcül etkileri olmasından dolayı elektrik kavramının özel bir yeri vardır.

Elektrik konusunun öğretimi küçük yaşlardan itibaren başlamakta ve lisans seviyesine kadar konu içeriği detaylandırılarak sunulmaktadır (Findlay, 2010). Ayrıca elektrik günlük yaşantımızda sıklıkla karşımıza çıkmasına rağmen, ilköğretimden itibaren bir çok öğrencinin belirtilen konularda anlama zorluklarına ve kavram yanılgılarına sahip olduğu, hatta üniversite öğrenimi sonunda bile devam ettiğini gösteren pek çok araştırmanın olduğu görülmektedir (Ateş ve Polat, 2005; Bar ve Zinn, 1998; Bar, Zinn ve Rubin, 1997; Borges ve Gilbert, 1999; Chen ve Kwen, 2005; Çıldır ve Şen, 2006; Duit ve Rhöneck, 1997; Dupin ve Johsua, 1987; Findlay, 2010; Frederiksen, White ve Gutwill, 1999; Galili, Bar ve Azaiza, 2006; Güler ve Şahin, 2017; Günbatar ve Sarı, 2005; Kallunki ve Lavonen, 2010; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Kukkonen, Martikainen ve Keinonen, 2009; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Lee ve Law, 2001; Millar ve King, 1993; Osborne, 1981, 1983; Piaget ve Chollet, 1973; Sencar ve Eryılmaz, 2002; Shaffer ve Mcdermott, 1992; Shipstone, Rhöneck, Kärrqvist, Dupin, Joshua ve Licht, 1988; Testa ve Michelini, 2006). Elektrik konusunun soyut olması, bu konuda karşılaşılan kavram yanılgılarının diğer konularda rastlanılandan daha fazla olmasına neden olmaktadır (Narjaikaew, 2012; Sencar ve Eryılmaz, 2004).

Schenps ve Sadler (2003) yaptıkları çalışmada, farklı branşlarda Harward Üniversitesi’nden diploma almaya hak kazanmış öğrencilere mezuniyet töreni günü “Basit bir elektrik devresinde neler oluyor?” sorusu sorulmuş ve oldukça şaşırtıcı cevaplarla karşılaşmışlardır. Öğrencilerle yapılan görüşmelerde, teorik olarak ‘bir pil, bir iletken tel ve bir de ampul kullanarak basit bir elektrik devresinin kurulup-kurulamayacağı’ ve ‘ampulün yanıp-yanmayacağı’ sorulmuştur. Görüşmeye katılan öğrencilerin tamamına yakını bu

devre elemanları ile basit bir elektrik devresinin çalıştırılabileceğini ve lambanın yanabileceğini söylemiştir. Fakat uygulama/pratik aşamasına gelindiğinde ise, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun devreyi kuramadığı ya da ampulü yakamadığı gözlemlenmiştir.

Etrafımızda elektriğin ve onunla çalışan aletlerin farklı uygulamaları ile karşı karşıyayız. Fakat gerçekte "herhangi bir elektrik devresinde neler oluyor?" sorusunu cevaplamak kuramsal anlamda iyi bir fizik bilgisi gerektirmektedir. Yapılan çalışmalar, öğrencilerin bu konuda eksikliklerinin olduğunu göstermektedir (İpek ve Çalık, 2008; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Lee ve Law, 2001).

Elektrik konusuyla ilgili yapılan birçok çalışmada (Azaiza, Bar ve Galili, 2006; Chen ve Kwan, 2005; Chiu ve Lin, 2005; Cohen, Eylon ve Ganiel, 1983; Çepni ve Keleş, 2006; Çıldır ve Şen, 2006; Dilber ve Düzgün, 2003; Dornelers, Veit ve Moreira, 2010; Duit ve Rhöneck, 1997; Findlay, 2010; Frederiksen ve diğ., 1999; Galili, Bar ve Azaiza, 2011; Güler ve Şahin, 2017; Kärrqvist, 1985; Kukkonen ve diğ., 2009; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Lee ve Law, 2001; Pardhan ve Bano, 2001; Sencar, Yılmaz ve Eryılmaz, 2001; Sencar ve Eryılmaz, 2002; Osborne, 1983; Shipstone ve diğ., 1988) akım, potansiyel fark, üreteç gibi kavramlarla ilgili öğrencilerin kavram yanılgılarının olduğu görülürken; elektrik devresi oluşturma ve analiz etme konusunda da öğrencilerin yanlış bilgilere sahip olduklarını gösteren çalışmalarda (Findlay, 2010; İpek ve Çalık, 2008; Kallunki ve Lavonen, 2010; Kukkonen ve diğ., 2009; Küçüközer, 2003; Lee ve Law, 2001; Pardhan ve Bano, 2001; Testa ve Michelini, 2005) mevcuttur.

Sekizinci sınıfta öğretim gören 320 öğrenci ile yürütülençalışmada, fen ve teknoloji dersindeki "Elektrik ve Manyetizma" ünitesi ile ilgili öğrencilerin %70'inin "Elektrik" konusu ile ilgili kavramları anlamadığını tespit etmişlerdir (Akdeniz, Bektaş ve Yiğit, 2000). Araştırma, ayrıca öğrencilerin çoğunun bu ünite ile ilgili sorulan sayısal içerikli sorulara cevap vermede zorluk çektiklerini belirlemiştir. Bununla birlikte, öğrencilerin elektrik devrelerini analiz ederken potansiyel fark yerine akıma öncelik verdikleri tespit edilmiştir (Uzunkavak, 2004). Bu bağlamda elektrik kavramlarının öğretim sürecinde de birçok problemin olduğu vurgulanmaktadır (Karagöz, 2006; Keats, 2011; Özdener ve diğ., 2005; Tanel ve Önder, 2010; Tekbıyık ve Sağlam-Arslan, 2008).

Öğrenen ile öğreten arasında fizik kavramlarını anlamlandırmada farklılıkların olması, alternatif ölçme-değerlendirme etkinliklerinin ve laboratuvar yönteminin birçok okulda uygulanmasında problemlerin olması, malzeme eksikliği, laboratuvar yetersizliği, oluşturulacak deneylerin pahalı ve tehlikeli olması gibi nedenlerden dolayı fizik öğretimin niteliği düşmektedir (Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Sağlam-Arslan, Devecioğlu-Kaymakçı ve Arslan, 2009; Ezginci, Güler, Özbay ve Altunkaya, 2006; Günbatar ve Sarı, 2005; Küçük,

Gökdere ve Ayvacı, 2004; Örnek, Robinson ve Haugan, 2008; Özdener ve diğ., 2005; Redish, 1994; Süzük, Çorlu ve Gürel, 2011; Tanel ve Önder, 2010; Yavru ve Gürdal, 1998). Ayrıca malzeme eksikliği ve laboratuvar yetersizliği gibi nedenlerle sınırlı tutulan öğrenci çalışma saatleri, çoğu zaman deneylerin kalabalık gruplar halinde veya gösteri deneyi şeklinde gerçekleştirilebilmesini gerektirmektedir (Küçük, 2003; Özdener ve diğ., 2005; Tanel ve Önder, 2010; Yavru ve Gürdal, 1998). Laboratuvar çalışmalarını çok yorucu ve zaman kaybı olarak gören öğretmenler, çoğu zaman bu uygulamalara yer vermemektedir (Akdeniz, Çepni ve Azar, 1998; Yavru ve Gürdal, 1998; Yiğit ve Akdeniz, 2003). Sürekli sınav ve not kaygısı yaşayan öğrenciler ise; laboratuvarda harcanan zamanı, sınavlara hazırlık ile geçirmeyi tercih etmektedirler (Özdener ve diğ., 2005).

Özellikle lise birinci sınıf öğrencilerinin basit elektrik devreleri konusunda önemli ölçüde kavram yanılgılarına sahip oldukları belirlenmiştir (Karakuyu ve Özek, 2002; Sencar, Yılmaz ve Eryılmaz, 2001). Bu süreçte, konuyla ilgili pek çok kavram yanılgısı belirlenmesine rağmen, geleneksel yöntemlerle yanılgıların düzeltilemediği vurgulanmaktadır (Tekbıyık ve Sağlam-Arslan, 2008; Yiğit ve Akdeniz, 2003). Ayrıca elektronik laboratuvarlarında kullanılan araç-gereçlerin hassas oluşu, öğrencilerin bu araçları kullanma konusundaki deneyimsizlikleri ve öğrencilerin hepsinin aynı anda işlenen konulara uygun deney gerçekleştirememeleri gibi sorunlar nedeniyle laboratuvarda uygulama yapmada aksaklıklar olmaktadır (Ezginci ve diğ., 2006; Tanel ve Önder, 2010).

Elektrik konusu üzerinde yapılan çalışmalarda, sadece farklı öğretim yöntemi veya laboratuvar uygulamalarının, öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarını düzeltmede yetersiz kalmasına neden olduğu vurgulanmaktadır (Aykutlu ve Şen, 2011; Borges ve Gilbert, 1998; Dilber ve Düzgün, 2008; Ravanis, Pantidos ve Vitoratos, 2010). Özellikle fen bilimlerindeki laboratuvar uygulamalarında yaşanılan zorluklara alternatif olarak geliştirilen sanal laboratuvarlar (virtual labs), bu noktada önemli rol oynamaktadır. Böylelikle öğrenciler istedikleri zaman ve istedikleri ortamda, güvenli bir şekilde sınırsız deney yapma imkânına kavuşmuş olmaktadırlar. Ayrıca öğrenciler konuyla ilgili kavramların parametrelerini istedikleri gibi değiştirerek sonuçlarını görüp analiz edebilmektedirler (Dornelers, Veit ve Moreira, 2010; Guzzi, 2005; Karagöz ve Özdener, 2010; Özdener, 2004; Scherp, 2002; Tanel ve Önder, 2010; Tatlı ve Ayas, 2010). Sanal laboratuvar programlarının sağladığı tüm imkânlar dikkate alındığında, gerçekte yapılması zor, tehlikeli ve pahalı olabilecek birçok konu üzerinde çalışma yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

Elektrik gibi güncel hayatta sıklıkla karşılaşılan, eğitimin her seviyesinde karşımıza çıkmasına rağmen öğrenmesi zor ve soyut bir konu olan ve deneysel çalışmaların

yapılması pahalı, zor ve tehlikeli olan konularda sanal laboratuvar programlarının kullanılmasının olumlu etkilerine dikkat çekilmektedir (Bozkurt, 2008; Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Çıldır ve Şen, 2006; Karagöz, 2006; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Narjaikaew, 2012; Özdener ve diğ., 2005; Satır, 2007; Tanel ve Önder, 2010). Gelişen teknolojiye uygun olarak eğitim alanında kullanılan ve üst düzeyde programlama gerektiren sanal laboratuvar programlarının eğitim kalitesini arttırdığı ve kavram yanılgılarının tespiti ve giderilmesinde oldukça faydalı olduğunu gösteren araştırmalar (Bozkurt, 2008; Dornelers, Veit ve Moreira, 2010; Hodge, Hinton ve Lightner, 2000; Karagöz, 2006; Karagöz ve Özdener, 2007; Örnek, 2008; Özdener ve diğ., 2005; Rapp, 2007) bulunmaktadır. Fakat sanal laboratuvar programlarının yeterli düzeyde üretilememesi (Jensen, 2004), fiziksel koşulların yetersizliği (okullardaki bilgisayar laboratuvarlarının yetersizliği hatta hiç olmaması, bilgisayarların donanım yetersizliği, internet bağlantısının yavaş olması vb.) (Bowman, 2002; Karagöz, 2006), öğretmenlerin programlar hakkındaki bilgi eksikliği ve ilgisizliği (Karagöz, 2006; Karagöz ve Özdener, 2010; Özdener ve diğ., 2005) ve öğrencilerin ilgilerini arttıracak şekilde kullanılamaması (Andrews ve Schwarz, 2002; Jensen, Voight, Nejdi ve Olbrich, 2004) nedeni ile tercih edilmemektedir. Ayrıca sanal laboratuvar programlarının etkin ve doğru kullanımı konusunda öğretmenlere rehber olabilecek çalışmaların yok denecek kadar az olması, öğretmenler tarafından yeterince benimsenmemesine neden olmaktadır (Çökelez, 2015; Mırçık-Karagöz ve Saka, 2016; Tüysüz, 2010).

Günümüzde öğretmen ve öğrencilerin öğretim sürecine ilişkin daha farklı beklenti ve yeteneklerinin olduğu belirtilmektedir (Keats, 2011). Özellikle öğrenciler, dersleri daha eğlenceli ve oyunlarla işlemek istemekte, öğretmenler de kendilerinden öğretilmeleri istenen konuyu zorlanmadan kalıcı bir şekilde aktarabileceği ve ölçme-değerlendirme yapabileceği durumları tercih etmektedirler. Bu nedenlerden dolayı da fizik derslerinin, olayları ve kavramları öğrencilerin anlayabileceği şekilde daha görsel, öğrenci yeteneklerini ve ilgilerini geliştirici nitelikte ve laboratuvar uygulamalarına destek olacak şekilde yürütülmesi gerekmektedir (Narjaikaew, 2012).

Ülkemizde fen programlarında yapılandırmacı yaklaşım uygulamaları yer almasına rağmen, uygulamada sorunlar olduğu görülmektedir (Tekbıyık ve Akdeniz, 2008). Bu sorunları ortadan kaldırabilmek amacıyla özellikle uygulama boyutunda rol ve sorumluluk alan öğretmenlerin yapılandırmacı yaklaşıma dayalı 5E ve 7E gibi modellerini iyi kavraması ve uygulaması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, fen dersleriyle ilgili öğretim programlarındaki konular hakkında rehber olabilecek materyallere ihtiyaç duyulmaktadır.

Gelişen teknolojiye bağlı olarak okullardaki fiziksel koşullara, eğitmen, öğrenci ve öğretim programlarından kaynaklanan ihtiyaçlara bağlı olarak eğitimde sanal laboratuvar programlarının kullanılması kaçınılmazdır. Bu nedenle sanal laboratuvarın öğretim sürecinde kullanımı ile ilgili gerekli koşullar şöyle sıralanmaktadır: öğrenciye keşfetme ve kendini sınama imkânı sunmalı, yeni hipotezler oluşturmalarına ve birbirleri ile kıyaslama ve tartışma olanağı sağlaması gerekmektedir (Oidov, Tortogtokh ve Purevdagva, 2012). Ayrıca hem öğrenciye fiziksel olayları formüle etmesine, sayısal analiz sağlamasına ve öğretmenler için doğru bir ölçme-değerlendirme imkânı sunulmasını destekleyen bir öğretim modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Etkili bir sanal laboratuvar destekli fizik öğretimi için mevcut modeller incelendiğinde 7E öğretim modelinin tüm bu koşulları sağladığı görülmektedir (Bybee, 2003).

Yukarıda belirtilen açıklamalar dikkate alındığında fizik öğretiminde elektrik konusundaki kavramların öğretimi için sanal laboratuvar programlarıyla desteklenen ve günümüzde ortaöğretim programlarındaki yapılandırmacı yaklaşıma dayalı 7E öğretim modeli etkili olacağı düşünülmektedir. Fizik öğretiminde elektrik konusunun öğretiminde 7E öğretim modeli ve sanal laboratuvarların bir arada kullanımını esas alacak bütüncül bir bakış açısının öğrenmeye katkısının, öğretmen ve öğrenci açısından değerlendirilmesine yönelik çalışmalar literatürde bulunmamaktadır.

Bu araştırmanın temel problemi "*9. sınıf fizik dersi "Basit Elektrik Devreleri" konusundaki kavramların öğretiminde, sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeli kullanıldığı öğrenme ortamlarının öğrencilerin zihinsel modelleri ve öğrenmeleri üzerindeki etkileri nelerdir?*" sorusudur. Bu araştırma problemi doğrultusunda aşağıda belirtilen sorulara cevap aranacaktır:

1. Basit Elektrik Devreleri konusu ile ilgili sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9.sınıf öğrencilerinin öğrenmeleri üzerinde anlamlı bir etkisi var mıdır?
2. Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9. sınıf öğrencilerinin "Basit Elektrik Devreleri" konusundaki kavramlarla ilgili zihinsel modelleri üzerindeki etkileri nelerdir?
3. Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9. sınıf öğrencilerinin "Basit Elektrik Devreleri" konusuyla ilgili alternatif fikirlerin giderilmesi üzerindeki etkileri nelerdir?
4. Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme uygulamalarına katılan öğrenciler ile bu eğitime katılmamış öğrencilerin zihinsel modelleri arasında fark var mıdır?

5. Sanal laboratuvar programı destekli interaktif fizik ders materyalleri ve programın uygulanabilirliği hakkında öğretmenlerin ve öğrencilerin görüşleri nelerdir?

1. 2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, ortaöğretim 9. sınıf fizik dersi, "Basit Elektrik Devreleri" konusuna yönelik 7E öğretim modeli kapsamında ve sanal laboratuvar programı destekli bir öğrenme ortamı tasarlama, uygulama, öğrencilerin zihinsel modelleri ve öğrenmeleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Ayrıca yapılan uygulamalar hakkında fizik öğretmenlerinin ve öğrencilerin görüşlerini değerlendirmektir.

1. 3. Araştırmanın Gerekçesi

Gelişmiş ülkelerindeki benzer çalışmalar dikkate alınarak, Türkiye'de fizik programları geliştirme çalışmalarına, ilköğretim ve ortaöğretim düzeyinde devam edilmektedir (Kurt ve Yıldırım, 2010). Bu programlar, dünyadaki gelişmelerle birlikte yapılandırmacı bir anlayışla düzenlenmektedir. Geliştirilen programlar ilk olarak ilköğretim seviyesinde uygulanmaya başlamıştır (MEB, 2004). Daha sonra aynı görüşe dayalı programlar, ortaöğretim seviyesine göre de geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur (MEB, 2007). Ancak ortaöğretim seviyesinde yeni anlayışa göre geliştirilen fizik programların uygulanmaya başlaması oldukça yenidir. Geliştirilen bir programın etkililik düzeyi, program uygulandıktan sonra tespit edileceğinden, yeni ortaöğretim programının uygulanma sürecine yönelik değerlendirme çalışmalarının yapılması önemlidir (Kurt ve Yıldırım, 2010). Geliştirilen fizik öğretim programlarının sürekli ve düzenli olarak değerlendirilmesinin aksayan yönlerin tespit edilmesi ve düzeltme çalışmalarının yapılmasının, programdan istenilen verimin alınması açısından gerekli olduğu belirtilmektedir (Demirel, 1992).

Günümüzde bireyler ortalama 12 yıl olan örgün eğitim sürecinde ilkokul düzeyinden yükseköğretim düzeyine kadar farklı branşlarda pek çok kavram ve konu ile karşılaşmakta ve bu kavram ve konulara yönelik bilgiler edinmektedirler (İyibil, 2010). Fakat günlük hayatımızda sıkça kullandığımız, ilkokul düzeyinden itibaren sarmal bir yapıda irdelenen elektrik ile ilgili kavramların öğretiminin ve öğreniminin zorluğu literatürde sıklıkla dile getirilmektedir (Ateş ve Polat, 2005; Çıldır ve Şen, 2006). Bu nedenle son 30 yılda ilgili kavramların nasıl algılandığı, öğretildiği ve öğretilmesi gerektiğine yönelik çalışmaların yoğun bir şekilde gerçekleştirildiği dikkat çekmektedir (bkz. Aykutlu ve Şen, 2011; Azaiza, Bar ve Galili, 2006; Chiu ve Lin, 2005; Çepni ve Keleş, 2006; Çıldır ve Şen, 2006; Dilber

ve Düzgün, 2003; Findlay, 2010; İpek ve Çalık, 2008; Kallunki ve Lavonen, 2010; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Lee ve Law, 2001; Maharaj-Sharma, 2011; Narjaikaew, 2012; Osborne, 1983; Pardhan ve Bano, 2001; Sencar ve diğ., 2001; Shipstone ve diğ., 1988; Testa ve Michelini, 2006).

Elektrik ile ilgili kavramların öğretimine yönelik literatürdeki çalışmalar irdelendiğinde, ilk çalışmalarda (Kärrqvist, 1985; Osborne, 1983; Shipstone ve diğ., 1988) öğrencilerin alternatif fikirlerini temel alan yaklaşımın önerildiği dikkat çekerken son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda (Findlay, 2010; Maharaj-Sharma, 2011; Testa ve Michelini, 2006) 'Çoklu Sunumlar' (Multiple Representations) gibi öğrenmeyi tamamlayacak dışsal öğeler üzerinde durulduğu görülmektedir. Gerçekleştirilen bu çoklu sunumların (kavram haritaları, analojiler, modeller, simülasyonlar, vb.) (Aykutlu ve Şen, 2011; Bozkurt, 2008; Çıldır ve Şen, 2006; İpek ve Çalık, 2008; Karagöz ve Özdener, 2007; Narjaikaew, 2012; Özdener ve diğ., 2005; Yüksel, 2011) yanında alternatif öğretim stratejileri (Ateş ve Polat, 2005; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Mahapatra, 2006) elektrik ile ilgili kavramların öğretiminde olumlu katkılar yapsa da son yıllardaki çalışmalarda (Güler ve Şahin, 2017; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Satır, 2007; Sencar ve Eryılmaz, 2002) öğrenme güçlüklerinin halen devam ettiğini, kavram yanılgılarını azaltsa da tamamen engelleyemediği görülmektedir.

Elektrik ile ilgili kavramların öğretildiği ortaöğretim 9. sınıf (2014 tarihinden itibaren 10. sınıf) fizik öğretim etkinliklerinde yeni stratejilere ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Aynı sorunların üniversite öğrenimi sürecinde de devam etmesi (Ateş ve Polat, 2005), bu konuya erken yaşlardan itibaren tedbirlerin alınması gerektiğini göstermektedir. Yapılan literatür çalışmalarında benzer sorunların, üniversite sürecinde yok olmadığını hatta ilgili mesleklerde çalışan bireylerin de sahip oldukları görülmüştür (Ateş, 2005; Borges ve diğ., 1999). Ayrıca üniversitelerde öğrenimlerine devam eden fen ve fizik öğretmeni adayları ile ilköğretim ve ortaöğretim kurumlarında görev yapan fen ve fizik öğretmenlerinin de benzer sorunlara sahip oldukları görülmüştür (Ateş ve Polat, 2005; Borges ve Gilbert, 1998; Findlay, 2010; Günbatar ve Sarı, 2005; Mahapatra, 2006; Satır, 2007).

Elektrik konusu günlük hayatımızda sıkça kullandığımız ve ilkokul seviyesinden itibaren sarmal bir yapıyla işlenen bir ünite olmasına rağmen, okullarda yeterli düzeyde aktarılamadığı görülmektedir. Bu konuyla ilişkili kavramların yanında matematiksel modellerin (formül, denklem, vb.) ve sembollerin (harf, kısaltma, şekil, vb.) sıklıkla kullanılmasının yanısıra soyut bir konu olmasından dolayı (elektrik akımını gerçekte görememekteyiz, vb.) bu konunun deney çalışmalarıyla desteklenerek öğretimin niteliği arttırılabilmektedir. Fakat Türkiye'de laboratuvar ortamında doğru ve etkin bir şekilde

deney yapmada birçok sorunun yaşandığı bilinmektedir (Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Ezginci, Güler, Özbay ve Altunkaya, 2006; Günbatar ve Sarı, 2005; Özdener ve diğ., 2005; Sağlam-Arslan, Devecioğlu-Kaymakçı ve Arslan, 2009; Yavru ve Gürdal, 1998). Bu nedenle elektrik ve ilgili kavramların öğrenilmesinin ve öğretilmesinin güç olduğu vurgulanmaktadır. Konunun diğer disiplinlerle de ilişkili olması, günlük hayatımızda doğru kullanılmadığında tehlikeli olabilmesi ve gözle göremediğimiz soyut kavramların gösterilmesinde de zorlukların olduğundan dolayı, öğrencilerin gerçek ya da gerçeğe çok yakın bir ortamda sınırsız ve güvenli bir şekilde deneme-yanılma yapabilmelerine olanak tanınmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Karagöz ve Özdener, 2007). Bu bağlamda, ulusal ve uluslararası literatürde elektrik konusu ile ilgili alternatif kavramların üzerinde durulmasına rağmen özellikle bu sorunu giderecek çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Özellikle ortaöğretim öğrencilerinin gelişen öğretim programı ile birlikte farklı öğretim yöntemi ve araçların kullanılmasının zihinsel modelleri üzerindeki etkilerine belirlemeye yönelik çalışmalara istenilen düzeyde rastlanamamıştır.

Türkiye'de Fırsatları Artırma ve Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH) ile öğretmen ve öğrenciler, öğretim ortamında teknolojiden faydalanabilme imkânına sahip olmaktadır. Sınıflardaki akıllı tahtalarda birçok sanal laboratuvar yazılımları yüklü olmasına rağmen, öğretmenlerin büyük bir çoğunluğunun bundan habersiz olduğu görülmektedir. Ayrıca öğretmenler mevcut yazılımların derslerde nasıl kullanılacağı yönünde yeterli bilgi sahibi değildirler (Banoğlu ve diğ., 2014; Kayaduman, Sırakaya ve Seferoğlu, 2011). Sanal laboratuvar programlarından yeterince faydalanamayan ve bilgi sahibi olmayan öğrenciler de sahip oldukları imkânlardan faydalanamamaktadırlar. Öğrenciler tablet sahibi olmalarına rağmen, etkili bir şekilde yönlendirilemediklerinden dolayı fizik derslerinde sanal laboratuvar ile uygulama yapmaktan ziyade e-kitabı okuma amacıyla kullanmaktadırlar. Birçok okulda fizik derslerinde, laboratuvar yönteminin uygulanmasındaki problemler (fiziksel yetersizlikler, öğretmenlerin isteksiz oluşu, vb.), deney yapma imkânı olmayan öğrenciler için bilgisayar destekli öğretim ortamında sanal laboratuvarların kullanılması etkili bir uygulama olacaktır. Bu durumda öğretmen ve öğrencilerin sahip oldukları teknolojinin, derslerde etkili bir şekilde kullanımına yönelik uygulamaların tasarlanması ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

7E öğretim modeli hem öğrencilerin öğrenme ortamlarına aktif olarak katılımlarını, hem de öğretmenler için öğrencilerin önbilgilerini, uygulama aşamalarını ve bilgilerini değerlendirme yapmayı sağlayan önemli bir yöntemdir. Bu yöntem ile ilgili Türkiye'de yapılan araştırmalar, diğer ülkelere göre kıyaslandığında oldukça azdır (Demirezen ve Yağbasan, 2013).

Yukarıda belirtilen durumlar dikkate alındığında, yürütülen çalışmaya temel teşkil eden gerekçeleri; öğrencilerin elektrik ile ilgili kavramları algılamada zorluk çekmeleri, bu konunun öğretimine yönelik alternatif öğretim stratejileri üzerinde yeterince çalışmanın gerçekleştirilmemiş olması, ortaöğretim düzeyinde elektrik ile ilgili kavramların öğretimine yönelik alternatif öğretim stratejilerin önerilmemesi, öğrencilerin daha sonraki öğrenim kademelerinde ve yaşamlarında karşılaşabilecekleri zorlukları aşabilmeleri için kavramları algılamalarını arttıracak tedbirlerin alınmasının gerekliliği, fen ve fizik öğretmenlerinin geleneksel öğretim yaklaşımı yerine kullanabilecekleri alternatif materyallerin beklenen düzeyde olmaması şeklinde sıralanabilir.

1. 4. Araştırmanın Önemi

Elektrik ile ilgili yukarıda belirtilen problemleri gidermeye yönelik olarak gerçekleştirilecek uygulamaların değerlendirilmesinin, ilgili kavramların öğretim sürecine yapacağı katkı önemli hale gelmektedir. Diğer yandan fizik öğretiminde sanal laboratuvarların önemine dikkat çekilen pek çok çalışma (Bozkurt, 2008; Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Dorneles, Veit ve Moreira, 2010; Guzzi, 2005; Jeschke, 2001; Özdener, 2004; Scherp, 2002; Tanel ve Önder, 2010) yapılmış olmasına karşın, bu alanda ulusal düzeyde zengin bir araştırma kaynağı olmadığı dikkat çekmektedir. Türkiye'de sanal laboratuvar programlarıyla desteklenmiş sınırlı sayıda yapılan çalışmalarda daha çok öğrencilerin akademik başarıları ve laboratuvar performansları, geleneksel öğretim ile karşılaştırılmıştır (Bozkurt, 2008; Karagöz, 2006; Karagöz ve Özdener, 2007; Özdener ve diğ., 2005; Tanel ve Önder, 2010). Fakat sanal laboratuvarlarının fizik öğretiminde kabul gören, önemi ve yararları sıklıkla dile getirilen 7E öğretim modeli ile bütünleştirilmiş bir çalışmanın olmadığı görülmektedir. Bu durumda araştırma kapsamında öğrencilerin elektrik konusundaki kavramlarla ilgili zihinsel modellerinin geliştirilmesi önemli hale gelmektedir. Ayrıca fizik öğretiminde sanal laboratuvar programlarının bir öğretim modeline uyarlanmasına ilişkin örnek nitelikte çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir.

Öğrencilerin fizik öğretim sürecine doğrudan katılımını sağlamak amacıyla nitelikli uygulama örneklerinin her öğretmen tarafından denenerek keşfedilmesi zaman ve emek kaybına neden olmaktadır (Kan, 2012). Bu alana yönelik yapılan çalışmaların, fizik öğretim sürecine pek çok katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Araştırmada, sanal laboratuvar programlarının yapılandırmacı yaklaşıma dayalı 7E öğretim modeli dikkate alınarak tasarlanan öğrenme ortamının ve elde edilecek sonuçların aynı zamanda fen öğretiminde farklı kavramların öğretimi için düzenlenecek öğrenme ortamlarına rehber niteliği taşıyacağı düşünülmektedir. Çalışma boyunca oluşturulacak

öğrenme ortamında öğretmen ve öğrencilerin rolleri, görüşleri, öğretim materyalleri, öğretim ortamının değerlendirilmesi, geliştirilecek test ve tüm bunlardan elde edilecek nitel ve nicel verilerin analizi ve yorumlanması bakımından da önemli olacağı düşünülmektedir.

1. 5. Araştırmanın Sınırlılıkları

Yürütülen çalışma aşağıda belirtilen yönleriyle sınırlandırılmıştır:

1. Araştırma kapsamında yürütülecek uygulama, 2012-2013 öğretim yılında İstanbul Küçükçekmece ilçesinde yer alan iki Anadolu Lisesinde öğrenim gören 9. sınıf öğrencileri ile sınırlıdır.
2. Araştırma için tasarlanan öğrenme ortamı, “Basit Elektrik Devreleri” konusunda belirlenen kazanımlarla sınırlıdır.
3. Araştırma, araştırmacı gözetiminde, araştırmanın amacına yönelik gerekli eğitimleri almış ve ortaöğretim düzeyinde örneklemdeki okullarda çalışan fizik öğretmenlerinin uygulamaları ile sınırlıdır.
4. Yürütülen araştırmanın öğrencilerin zihinsel modelleri üzerindeki etkileri, araştırma kapsamında uygulanan ön ve son sınav verileri, yürütülen mülakat ve gözlem verileri ve çalışma yapraklarından elde edilecek bulgular ile sınırlıdır.
5. Araştırma kapsamında gerçekleştirilecek çalışmalar, altı haftalık süreci geçmeyecek şekilde yürütülen uygulamalarla sınırlıdır.

1. 6. Araştırmanın Varsayımları

Yürütülen çalışmanın varsayımları aşağıda sıralanmaktadır:

1. Öğrencilerin İngilizce bilgilerinin sanal laboratuvar programını kullanmak için yeterli düzeyde olduğu,
2. Öğrencilerin yapılan çalışma sonucunda, uygulanan testlere ve yürütülen mülakatlara içten ve samimi şekilde cevap verdiği,
3. Deney ve kontrol grubu öğrencileri arasında etkileşim olmadığı,
4. Deneysel süreç boyunca araştırmayı etkileyebilecek kontrol edilemeyen değişkenlerin etkisinin her iki grupta da aynı olduğu,
5. Araştırma kapsamında kullanılan veri toplama araçlarının, adayların anlama seviyelerini ve zihinsel modellerini tespit edebilecek nitelikte olduğu,

6. Araştırma kapsamında kullanılan veri toplama araçlarının, araştırmanın amacına uygunluğuna yönelik yapılan pilot uygulamanın ve uzman görüşlerinin yeterli olduğu varsayılmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Araştırmanın amacı dikkate alınarak yapılan literatür taraması; (I) araştırmanın yaklaşımı, (II) 7E öğretim modeli, (III) sanal laboratuvarlar ve (IV) elektrik konusu ile ilgili yapılan çalışmalar olmak üzere dört ana başlık altında belirtilmiştir.

2. 1. Araştırmanın Kuramsal Çerçevesi

Araştırmanın amacı dikkate alınarak elektrik konusu ile ilgili kavramlara yönelik 7E öğretim modeline dayalı sanal laboratuvar programları destekli interaktif fizik ders ortamı tasarlanmıştır. Bu başlık altında çalışmanın amacına yönelik, modeller ve zihinsel modeller ile tasarlanan öğrenme ortamları ile ilgili literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Bu kapsamdaki çalışmalar başlıklar halinde yer belirtilmiştir:

- Kavramlar ve Özellikleri
  - Kavram Yanılgıları
- Fizik Öğretiminde Modeller
  - Zihinsel Modeller

2. 1. 1. Kavramlar ve Özellikleri

"Kavram nedir?" sorusu, Sokrates'ten beri felsefenin temel sorularından birisi olmuştur (Özlem, 2006). Platon'dan Kant'a kadar birçok filozof bu konuda farklı yaklaşmalarına rağmen temelde kavramı, bir şeyin (objenin) zihindeki ve zihne ait tasarımı olarak belirtmişlerdir (Karaca, 2008). Günümüzde kavramlar soyut kelimeler olup herhangi bir varlık veya nesneden söz edildiğinde onunla ilgili olarak insan zihninde oluşan çağrışımlardır yani düşüncenin birimi olarak tanımlanmaktadır (Çepni ve diğ., 2005; Karaca, 2008; Satır, 2007). Kavramlar bilgilerin yapı taşlarını, kavramlar arası ilişkilerde bilimsel ilkeleri oluşturur (Satır, 2007).

Çocukluk çağından itibaren kavramlar ve onların isimleri olan sözcükler öğrenilir, daha sonra kavramlar sınıflandırılır ve aralarındaki ilişkiler bulunur. Bu kavramlar kullanılarak yeni kavramlar ve bilgiler üretilir. Bu öğrenme yaşam boyu sürer (Çepni ve diğ., 2005). Şenay'a (2007) göre, ilkokul 1. kademe öğrencileri, sahip oldukları bu önemli kavramlar ve somut benzetmelerle yeni kavramları öğrenirler. Ortaokul öğrencileri ise, eski ve yeni kavramlar arasında bağlantılar kurarak yeni kavramları öğrenirler.

Öğrencilerin sahip oldukları bilgilerin temelinde de kavramlar vardır. Bu yüzden bildikleri kavramlardan yola çıkarak konuya ne kadar hâkim olup-olmadıkları anlaşılabilmektedir (Şenay, 2007). Ayrıca kavramların sınıflandırılması kavram öğretiminde; öğretilecek kavram türüne göre öğretim etkinliklerinin ve stratejilerinin belirlenmesi aşamasında öğretmene katkı sağlar (Doğanay, 2003). Kavramların bilimdeki ve insan bilgilerindeki yerini anlamak, kavram öğrenme ve öğretme yollarını bilmek öğretmenlere çok değerli bilgi ve beceriler kazandırır. Öğrencilerin akademik gelişim sürecinde doğru kavramlar geliştirmeleri, öğretimin amaçları açısından çok önemlidir (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003).

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda, kavramların özellikleri aşağıdaki gibi belirtilmektedir (Çepni ve diğ., 2005; Doğanay, 2004; Karaca, 2008; Satır, 2007; Şenay, 2007; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003):

1. Her kavramın bir ismi vardır.
2. Kavramlar kişiden kişiye farklı anlamlar taşırlar.
3. Kavramların kendilerine özgü tanımlama seklinden veya işlevsel yönlerden ayırt edici özellikleri vardır. Örneğin; kök, gövde ve dalları olan her şeyin ‘ağaç’ olarak tanımlanması gibi.
4. Kavramlar, kendi özelliklerine uygun diğer kavramlarla ilişkilendirilip gruplandırılırlar.
5. Kavramlar, bazen şekil veya sembollerle hatırda kalır.
6. Kavramların ayırt edici olmayan özellikleri de vardır. Örneğin; çam, meşe, kavak, dut ağaçlarının boyları, yapraklarının şekli, meyvesinin olup olmaması birbirinden farklıdır. Bu özelliklere de ayırt edici olmayan özellikler denir.
7. Kavramın ayırt edici özellikleri, kendi içinde bir ilişki oluşturur. Ayırt edici özelliklerin oluşturduğu bu yapıya kavramın tanımı ya da kuralı denir. Örneğin, su, kara parçası ve etrafını sarma hem ada hem de göl kavramlarının ayırt edici özellikleridir. Burada kavramı tanımamıza yarayan, bu özelliklerin arasındaki ilişki ya da yapıdır. Eğer su kara parçasının etrafını sarıyorsa kavram adadır, şayet kara parçası suyun etrafını sarıyorsa kavram göldür.
8. Kavramın özelliklerinden birisi de kavramın örnekleridir. Her kavramın pek çok örneği vardır. Bu örnekler kavramın ortak, ayırt edici özellikleriyle birlikte, kendine özgü özellikleri de taşırlar. Kavramın ayırt edici özelliklerinden bir veya bir kaçının bulunmadığı örneklere de ‘örnek olmayan’ denir. Bir kavramın örneği bir başka kavramın örnek olmayanıdır. Örneğin, Tuz Gölü göl kavramının bir örneğidir. Marmara Denizi ise örnek olmayanıdır.

9. Kavram gelişimi, çocuğun zihinsel gelişimiyle doğru orantılıdır. Yani kavramlar sürekli değişip gelişir; yeni anlamlar kazanır.

Yukarıda özellikleri belirtilen kavramları Yağbasan ve Gülçiçek (2003) aşağıdaki gibi ifade etmektedir:

Genelleme Süreci: Öğrencilerin önbilgilerini kullanarak yeni bilgileri ortak özelliklerine göre bir grupta toplaması ve bu grubu isimlendirme sürecidir.

Ayırım Süreci: Öğrencilerin birbirine benzer iki uyarıcıyı ayırt edip her birine farklı tepki göstermeleridir.

Tanımlama: Öğrenciler tarafından bilinmeyen bir kavramın bilinen kavramlarla anlatılmasıdır.

Fizik öğretiminde sıklıkla karşımıza çıkan kavram ve kavram yanılgılarının araştırmanın oluşmasında temel nedenlerden biri olduğu dikkate alındığında, kavram yanılgılarıyla yapılan çalışmaların incelenmesi de önem kazanmaktadır.

2. 1. 1. 1. Kavram Yanılgıları İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Öğrenciler için öğrenme süreci değişen koşullara (öğretmenin bilgi ve yeteneği, fiziki koşullar, vb.) bağlı bireysel bir süreç olarak ifade edilebilir yani kavramın bilimsel tanımıyla öğrencinin kendi zihninde oluşturduğu tanımın uyumsuzluğu şeklinde olabilir (Alkan,1992; Güven ve Karataş, 2004; Konur ve diğ., 2010; Örnek, Robinson ve Haugan, 2008; Satır, 2007). Bu süreçte, bireylerin farklı ön yaşantılara, ilgi ve yeteneklere sahip olduğu dikkate alındığında, öğrencilere bağlı farklılıkları ortaya çıkacağı aşikârdır (Özkan, Tekkaya ve Geban, 2001). Öğrencilerin farklı bilgi, tecrübe, tutum ve inançlara sahip olması nedeniyle, öğretim süreci sonunda beklenen bireysel durumlar, bilimsel gerçekler ile örtüşecek şekilde yapılanamamaktadır (Ünal-Çoban ve Kaya-Şengören, 2009). Farklı yaşantı veya algılamalara dayalı olarak ortaya çıkabilecek bu yapılandırmalarla ilgili literatürde ‘ön kavramlar (preconceptions)’ (Novak, 1977), ‘kavram yanılgıları (misconceptions)’ (Helm, 1980), ‘alternatif yapılar (alternative frameworks)’ (Driver ve Easley, 1978; Driver, 1983), ‘çocukların bilimi (children’s science)’ (Gilbert, Osborne ve Fensham, 1982a), ‘sezgisel inanışlar (intuitive beliefs)’ (McCloskey, 1983), ‘genel duyu kavramları (common sense concepts)’ (Halloun ve Hestenes, 1985), ‘kendiliğinden oluşan bilgiler (spontaneous knowledge)’ (Pines ve West, 1986) gibi birçok terimle ifade edilmektedir. Hangi isim altında değerlendirilirse değerlendirilsin, çocuğun bakış açısına göre mantıklı olduklarından zihinlerine yerleşmiş (Gilbert, Watts ve Osborne, 1982b) ve değişime karşı dirençlidirler (Driver, 1989; Osborne ve Freyberg, 1985). Ayrıca bu tür kavramlar,

öğrencilerin sonraki öğrenmelerini olumsuz yönde etkilemektedir (Anderson, 1986; Gilbert ve Watts, 1983; Schimidt, 1997). Bu kapsamda bilimsellikten uzak, öğrencilerin kendi zihinlerinde yaratmış oldukları fikirler, 'kavram yanılgısı' olarak ifade edilmektedir.

Kavram yanılgıları, öğrencilerin teorik bilgilerindeki eksikliklerini betimleyen güvenilir kaynaklardan birisi olarak değerlendirilmekte ve nedenleri arasında yanlış açıklamalar, yanlış sorular veya aşırı genellemeler gösterilmektedir (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003). Terry, Jones ve Hurford'a (1985) göre kavram yanılgıları, öğrencilerin bilimsel kavrayış yöntemlerinde veya bilimsel bilgileri organize etme yöntemlerinde meydana gelebilmektedir. Gordon (1996) ise, yeni bilgilerin var olan bilgilerle organize edilmesi gerektiğini aksi takdirde yeni bilgilerin öğrenciler tarafından benimsenmeyeceğini vurgulamaktadır.

Yapılan çalışmalar doğrultusunda, kavram yanılgılarının aşağıdaki özelliklere sahip olduğunu göstermektedir (Altuntaş-Aydın, 2011; Driver ve Erckson, 1983; Driver, 1989; Karagöz ve Sağlam Arslan, 2012; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Osborne, 1981; Pardhan ve Bano, 2001; Satır, 2007; Shipstone, 1985; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003):

- Öğrenciler derse kavram yanılgısına sahip olarak gelirler. Bunların çoğu doğal olaylara dayalıdır.
- Bazı kavram yanılgıları yaş, yetenek, cinsiyet ve kültürel geçmişten bağımsızdır.
- Kavram yanılgıları değişime direnç göstermekte ve çoğunlukla geleneksel öğretim yolu ile değiştirilmeleri zor olmaktadır.
- Öğrencilerin sahip oldukları bazı kavram yanılgıları, çoğu kez eski bilim adamlarının ve filozofların fikirleri ile paralellik göstermektedir.
- Kavram yanılgılarının bazıları öğrencinin yaşadığı toplumun kültür, dil ve dinine bağlı olarak da oluşabilmektedir.
- Öğretmenlerden veya ders kitaplarından kaynaklanan kavram yanılgıları da oluşabilmektedir.
- Öğrenciler, aynı anda birbirleriyle çelişkili kavramlara sahip olabilirler.

Yukarıda da belirtildiği gibi kavram yanılgıları, öğretim ortamlarında oldukça büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Öğrencilerin zihinlerinde oluşan bu kavramların belirlenmesi ve sınıflandırılması da özel bir çalışma gerektirmektedir. Araştırmada kullanılacak yöntem, teknik ve araçların belirlenmesine yönelik bir ön çalışma olması açısından kavram yanılgılarıyla ilgili yapılmış çalışmaları kategorize etmek önemlidir. İlk olarak kavram yanılgılarını tespit etmek amacıyla literatürdeki çalışmalar ve kullanılan veri toplama araçlarına yönelik bilgiler, Tablo 1'de kategorize edilerek sunulmuştur:

Tablo 1. Kavram Yanılgılarını Tespit Etmek Amacıyla Kullanılan Tekniklere İle İlgili

Sınıflandırma

Çalışmalar	Kavram Yanılgılarının Tespit Edilmesinde Kullanılan Teknikler											
	Kavram Testleri	Kavramsal Anlama Testi	Kavramsal Değişim Metinleri	Kavram Haritaları (Öğrencilerin oluşturduğu)	Kavram Karikatürleri	Analojiler (Öğrencilerin oluşturduğu)	Modeller	Anketler	Mülakatlar	Açık uçlu sorular	Mantıksal Düşünme Testi	Çoktan seçmeli sorular
Karakuyu ve Tüysüz, 2011			X						X		X	
Çıldır ve Şen, 2006				X					X			
Aykutlu ve Şen, 2011	X					X						
Ateş ve Polat, 2005	X											
Satır, 2007		X							X	X		X
Küçüközer ve Kocakülah, 2007		X							X	X		X
Günbatar ve Sarı, 2005								X				X
Altuntaş-Aydın, 2011			X				X		X			X
Atasoy ve Akdeniz, 2007										X		X
Ceylan-Soylu, 2011					X							
Karakuyu ve Tüysüz, 2011			X							X	X	X

Tablo1'de görüldüğü gibi, öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarını belirlemek amacıyla birçok farklı veri toplama aracı geliştirilmiştir. Birçoğunda birden fazla veri toplama aracının olması dikkat çekicidir. Bu durum, öğrencilerin zihinlerinde oluşan kavram yanılgılarının doğru bir şekilde belirlenmesi ve özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla, birden fazla ölçme aracı kullanılarak karşılaştırma yapmanın gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır.

Yapılan literatür çalışmalarına göre, son 30 yıldır yürütülen çalışmalarda fen ve fizik eğitimcilerinin, öğretimde sıklıkla görülen kavram yanılgılarının bilimsel fikirlere doğru değişimini hangi öğretim etkinlikleriyle gerçekleştirebilecekleri üzerine yoğunlaştığı görülmektedir (Altuntaş-Aydın, 2011; Kumaş, 2015; Posner, Strike, Hewson ve Gertzog, 1982; Satır, 2007). Buna göre Piaget'in özümleme (asimilasyon) ve düzenleme (accomodation) terimleri kullanılarak kavramsal değişim türleri açıklanmıştır. Özümlemede öğrenciler, yeni karşılaştıkları bir olayı açıklamada kendilerinde var olan kavramları kullanmakta ve başka bir sorunla karşılaşmamaktadırlar. Düzenlemede ise, öğrencilerin sahip olduğu kavramların yeni bir olayı açıklamada yetersiz olması söz konusudur. Bu durumda öğrencinin kavramları yeniden organize etmesi gerekmektedir.

Hangi düzeyde olursa olsun öğrencilerin küçük yaşlardan itibaren sahip olduğu kavram yanılgılarını gidermek oldukça güçtür (Altuntaş-Aydın, 2011). Kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için aşağıdaki şartların yerine getirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Posner, Strike, Hewson ve Gertzog, 1982):

Hoşlanmama (Dissatisfaction, D): Kavramsal değişimin olabilmesi için öğrencinin eski durumdan hoşnutsuz olması gerekmektedir.

Kolay Anlaşılırlık (Intelligibility, I): Yeni kavramın öğrenci tarafından kolay anlaşılır olması gerekmektedir.

Akla Yatkınlık (Plausibility, P): Yeni kavramın kolay anlaşılabilmesi yanında, doğru ve öğrencinin aklına yatkın olması gerekmektedir. Gerçek dünya hakkında doğru bilgi vermelidir.

Verimlilik (Fruitfullness, F): Yeni kavramın, öğrenciler için yararlı olması gerekmektedir.

Yukarıda belirtilen özellikler göz önünde bulundurularak, öğretim sürecinde kavram yanılgılarının değişimi ve gelişimi için önerilen birçok öğretim stratejisi mevcuttur. Scot, Asoko ve Driver'ın (1991) yaptığı deneysel çalışmada iki farklı gruba farklı öğretim yaklaşımları uygulanmıştır. Birinci gruba, bilişsel çatışma ve çatışmanın çözümü temelli öğretim stratejileri, ikinci gruba ise, öğrencilerin var olan fikirleri dikkate alınarak geliştirilen benzetme (analoji) stratejileri uygulanmıştır. Birinci grup stratejilerde, öğretim sırasında öğrencilerin fikirlerine ters durumlar sunulmuş ve öğrencilerin zihninde bilişsel çatışma oluşturulmaya çalışılmıştır. İkinci gruptaki stratejilerde ise, öğrencilerin fikirleri belirlendikten sonra bu fikirlerden bilimsel fikirlere doğru bir gelişim için analojiler kullanılmıştır. White ve Gunstone (1992) tarafından geliştirilen Tahmin-Gözlem-Açıklama (Predict-Obsorve-Explain) stratejisi de kavramsal değişim amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu stratejide sırasıyla öğrencilere konuyla ilgili olarak bir durum sorulmakta ve öğrencilerin bu durumla ilgili tahminlerde bulunmaları istenmektedir. Daha sonra öğrencilerin deney ve gözlem yapılması, olayın sonucunu ifade etmesi ve en son aşamada da öğrencilerin tahmin ve gözlemlerinde bir çelişki var ise açıklamaları istenmiştir.

Kavram yanılgılarının giderilmesinde en önemli görevlerden biri de öğretmenlere düşmektedir. Fakat literatür çalışmaları incelendiğinde öğretmenlerin dahi benzer kavram yanılgılarına sahip oldukları ve bunu öğrencilerine aktardıkları vurgulanmaktadır (Küçüközer ve Demirci, 2004; Satır, 2007). Bu nedenle öğretmen yetiştirme ve mesleğini icra eden öğretmenlerin eğitimlerine de önem verilmesi gerekmektedir (İyibil, 2010; Kurnaz, 2011). Öğretmenlerin, öğrencilerdeki kavram yanılgılarını düzeltmeye kalkışmadan önce öğrencilerin zihinlerindeki yanlış kavramları belirlemesi ve bunlarla yüzleşmelerini sağlaması gerekmektedir (Satır, 2007). Daha sonra bilimsel yaklaşım

modelleriyle, öğrencilere bilgilerini yeniden yapılandırmalarında ve özümlemelerinde yardımcı olunması önerilmektedir (Altuntaş-Aydın, 2011; Satır, 2007).

2. 1. 2. Fizik Öğretiminde Modeller

Modeller, kavramların somutlaştırılmasında kullanılan en önemli araçlardan biridir (Güneş ve Çelikler, 2009). Harrison (2001) ve Treagust ve diğerlerine (2002) göre modelleme, mevcut bilgiler dikkate alınarak bilinmeyen bir durumu açıklamak ve anlaşılır hale getirmek için yapılan işlemler bütünüdür. Modelleme sonucunda ortaya çıkan ürün ise model olarak nitelendirilir. Bunun dışında model ve modellemeyle ilgili literatürde birçok tanımlama yapılmıştır. Kurnaz ve Sağlam-Arslan'a (2008) göre; model bir obje, bir olay, süreç ya da sistemin bir gösterimidir. Bir konu ya da olayın anlaşılmasını kolaylaştırmak amacıyla tasarlanır, ancak olayın gerçek niteliğini belirtmez. Modelleme ise, herhangi bir sistemi anlamaya izin veren bir mühendislik tekniği olarak ifade edilmelidir (Sağlam-Arslan, 2008). Buna göre, modelleme gerçek sistemi açıklayan modelin yapısını ve gerçek sistemle olan benzerlik ve farklılıkları belirler. Yapılan bir diğer araştırmaya göre; modeller, gerçeğin basit birer kopyası olup belirli ve özel bir amaca hizmet etmek için tasarlanır (Sevgi, 2006). Yani gerçek dünyadaki nesne ve olayın tam bir kopyası olmak zorunda değildir. Ayrıca modeller, fikirleri geliştirmek ve test etmek amacıyla tasarlanır. Modeller olayları yorumlamada aktif rol oynayıp, değiştirilebilir ve geliştirilebilirdir (Grosslight, Unger, Jay ve Smith, 1991). İlgilendiğimiz herhangi bir deneyim veya sistemi farklı yollar aracılığıyla açıklamak için "model" geliştirdiğimize dikkat çekilmektedir (Sperandeo-Mineo, 2002).

Mayer'e (1992) göre hedef düşünceyi açıklayan iyi bir model, anlaşılır, somut, hedef düşünceyle bağlantılar üzerinde önemle duran, seviyeye uygun ve tutarlı olmalıdır. Bilimsel modeller; hedefe uygun benzetmelere dayanır ve araştırmacılara modellenen hedef kavramla ilgili çalışmaları süresince test edilebilir hipotezler üretebilmelerine olanak sağlar (Güneş, Gülçiçek ve Bağcı, 2004; Van Driel ve Verloop, 1999). Bu hipotezlerin test edilmesi, hedef hakkında yeni bilgiler ortaya çıkarır. Ayrıca bir model karşılıklı olarak birbirini etkileyen süreçler sonucunda geliştirilir ve hedefle ilgili yeni çalışmalar ortaya çıktıkça modeller de değiştirilip geliştirilebilir.

Yukarıdaki tanımlamalardan da görüldüğü gibi modelleri tanımlamaya ilişkin kesin sınırları olan belirgin bir algılama yoktur (Kurnaz, 2011). Bir modele ait kapsam sınırını çizmenin zor olduğu, bu nedenle modelin genel bir tanımlamasının yapılması yerine tüm bilimsel modellerce paylaşılan ortak özelliklerin tanımlanmasının daha açıklayıcı olabileceği belirtilmektedir (Gülçiçek ve Güneş, 2004; Güneş, Gülçiçek ve Bağcı, 2004;

Kurnaz, 2011). Bu durumda fizikçiler, modeller hakkında bazı ortak noktalarda birleşmektedirler (İyibil, 2010; Kurnaz, 2011):

- Fen ve teknoloji arasında bir köprüdür (Gilbert, Boulter ve Elmer, 2000).
- Zihin ve gerçek dünya arasındaki köprüdür (Hubber, 2006).
- Soyut teorilerle somut deneysel eylemler arasında bir bağlantı oluşturur (Gilbert ve Boulter, 1998).
- İletişimi kolaylaştırıcı araçlarıdır (Etkina, Warren ve Gentile, 2006; Gilbert, Boulter ve Elmer, 2000; Oğuz, 2007).
- Bir sistem veya olaya özgü gösterilebilen veya şematize edilebilen ortak deneyimlerdir (Norman, 1983).
- Bir nesnenin, olgunun veya fikrin bilinen bir kaynakla temsilinin sonuçlarıdır (Coll, 2008; Karagöz ve Sağlam-Arslan, 2012; Örnek, 2008; Podolefsky ve Finkelstein, 2006; Teodoro, 1998).
- Üzerinde çalışılan bir objenin veya sürecin basitleştirilmiş şeklidir (Abdullah, Evans, Benest ve Kimble, 2004; Boulter ve Elmer, 2000; Etkina, Warren ve Gentile, 2006; Gilbert, Örnek, 2008; Teodoro, 1998).
- Betimleyici veya açıklayıcı olabilirler (Cartier, Rudolph ve Stewart, 2001; Etkina, Warren ve Gentile, 2006; Teodoro, 1998).
- Üzerinde çalışılan obje veya sürecin tüm özelliklerini en üst düzeyde yansıtmalıdır (Etkina, Warren ve Gentile, 2006; Justi ve Gilbert, 2000; Kühne, 2005).
- Üzerinde çalışılan obje veya sürecin tüm özelliklerini yansıtma boyutunda sınırlılıklara sahiptir. Olayları basite indirgediklerinden dolayı, gerçek hayattaki bazı etkileri yok sayabilirler. Mesela, hareket konusunu işlerken sürtünmeyi hesaba katmayabilirler. Bu nedenle modeller, obje veya sürecin aynısı olarak görülmezler (Booch, Rumbaugh ve Jacobson, 1999; Etkina, Warren ve Gentile, 2006; Kühne, 2005).
- Gerçeğin sunumu değil öznel basitleştirmelerdir (Oğuz, 2007; Rapp, 2005; Sağlam-Arslan, 2009).
- Değişime ve gelişime açık dinamik yapıdadır (Coll ve Treagust, 2003; Ünal ve Ergin, 2006).
- Öğrencilerin kavramları öğrenmesinde ve ilişkilendirmesinde destek olarak bilişsel süreçlerin seviyesini arttırırlar (Teodoro, 1998).
- Öğrencilere zihinlerindeki düşünceleri sunmada, test etmede ve geliştirmede fırsat sağlar (Teodoro, 1998).
- Öğrenciler için rehberdir (Bayrakçeken ve Geban, 2004; Canpolat, Pınarbaşı, Teodoro, 1998; Cartier, Rudolph ve Stewart, 2001).

Modeller, en genel tanımıyla ‘gerçeğin öznel ancak anlamlı bir görünüşü’ olarak ifade edilse bile; modellerin öznel doğası böyle bir tanımlamayı kabul etmemektedir (Çökelez, 2015; Kurnaz, 2011). Bu durumda, ‘her model incelenen yapıyla ilgili farklı bir bakış açısına sahiptir’ gerçeği bilimsel modellerin ortak özelliklerinden biri olarak değerlendirilmelidir (Kurnaz, 2011; Kurnaz ve Sağlam-Arslan, 2008). Bununla birlikte, düşünülen bir yapıyla ilgili farklı modeller geliştirilebileceği ve geliştirilen modellerin ilgili yapı hakkında farklı özelliklere dikkat çekebileceği, farklı bir şekilde özelleştirilebileceği, farklı indirgemeler yapabileceği vb. ön plana çıkmaktadır (Kurnaz, 2011). Bunun sonucu olarak fizik öğretiminde pek çok model karşımıza çıkmaktadır ve bu modellerin literatürde çok farklı sınıflandırmaları bulunmaktadır (İyibil, 2010; Kurnaz, 2011). Modellerin sınıflandırılması, bilimsel modeller arasındaki farklılıkları da algılamamızı kolaylaştırmaktadır (Gülçiçek ve Güneş, 2004).

Markman (2003) modelleri; kural, benzerlik ve teori temelli modeller olmak üzere üç kategoride ele almaktadır (Kurnaz, 2011). Etkina, Warren ve Gentile’ın (2006) modelleri, kullanım durumlarına göre dört kategoride sınıflandırmaktadır: 1- Obje modelleri, 2- Etkileşim modelleri, 3- Sistem modelleri, 4- Süreç modelleri. Ünal ve Ergin (2006) ise modelleri açık (benzetme) ve örtük (içsel) modeller olmak üzere iki kategoride sunmaktadır. Örnek’e (2008) göre modeller, kavramsal ve zihinsel model olmak üzere iki başlık altında toplamıştır. Güneş ve diğerlerine (2004) göre, fen alanında çokça kullanılan modellere örnek olarak; simgesel, matematiksel, teorik, kavram-süreç modelleri, simülasyonlar ve zihinsel modeller gösterilmektedir. Benzer bir çalışmada Harrison ve Treagust (2000) tarafından analojik modeller ile ilgili yapılmıştır. Buna göre analojik modeller, eğitsel analojik modeller, sembolik modeller, matematiksel modeller, teorik modeller, harita, diyagram ve tablolar, kavramsal süreç modelleri, simülasyon, zihinsel modeller ve sentez modellerden oluşmaktadır (İyibil, 2010). Yukarıda belirtilen modellerin sınıflandırılmasının çoğunda, farklı isimler adı altında olsa dahi zihinsel model tanımının yer alması dikkat çekici bir noktadır. Zihinsel modeller, bireyin içsel sunumları (Harrison ve Treagust, 1996; Rapp, 2005) olup, bireyin kendi algılamaları sonucunda oluşmaktadır (Kurnaz, 2011).

Geçmişten günümüze kadar bilim insanları ve araştırmacılar dışında öğretmenler ve eğitim uzmanları da eğitim-öğretimin kalitesini arttırmak ve daha kalıcı bir öğretim sağlayabilmek amacıyla her alanda model ve modellemeyi kullanmaktadırlar (Matthews, 2007). Fizik öğretiminde de modeller yüzyıllar boyunca sıkça kullanılmış ve geliştirilmiştir (Cullin ve Crawford, 2002; Mathhews, 2007). Bu süreç öğretmenlere öğretim sürecinde yardımcı olurken, öğrencilere de bilgileri algılama ve kavramları öğrenme sürecinde

kolaylık sağlamaktadır (Güneş, Gülçiçek ve Bağcı, 2004; Örnek, 2008; Vasniadou, 1994). Model oluştururken öğrencilerin anlayabileceği şekilde uygun olması gerekmektedir.

Şematik modelleme üzerine yapılmış bir çalışmaya göre, bir öğretmen fizik ile ilgili bir konuyu anlatmaya başladığında öğrenciler anlatılmak istenen konuyu zihinlerinde oluşturmaya başlarlar. Eğer öğretmen öğrencilerine bu aşamada yeterince yardımcı olamaz ise, öğrenciler olayı zihinlerinde yanlış yapılandırmaya başlayacak ve kavram yanılgılarına sahip olacaklardır. Bu nedenle öğretmen, öğrenciyi bilgiyle buluşturmak ve keşfettirmek için anlatılmak istenen olayı resmetmeye çalışmalıdır (Hallon, 1997). Bu durumda fizik öğretiminde laboratuvarların önemi, ön plana çıkmaktadır. Böylelikle öğrenciler, anlatılmak istenen fiziksel olayı, yapılan bir deneyle zihinsel süreçlerden geçirerek yapılandırabilmektedir (Bozkurt ve Sarıkoç, 2008).

Angell, Guttersrud, Henriksen ve Kind (2007) tarafından yapılan araştırmada, fizik derslerinde modelleme kullanımının önemi iki ana başlıkta toplanmıştır; 1- gerçeği sunması, 2- fizik öğretiminin öğrencilerin bilimin doğasını anlamasını sağlamasıdır. Modelleme yaparak öğrenciler tıpkı birer uzman ya da bilim adamı gibi bilgiyi zihinlerinde tasarlayabilmekte, geliştirip değiştirebilmektedirler. Model oluşturmanın beynin birden fazla bölgesinin uyarılmasını sağladığı ve öğrenmeyi arttırdığı vurgulanmaktadır (Angell ve diğerleri, 2007). Birçok öğrencinin modelleme yapmada zorlandıkları görülse de, model ve modelleme kullanılarak dersler yürütüldüğünde konuyu daha iyi anladıkları sonucuna varılmıştır (Güneş ve Çelikler, 2009). Modeller, öğrencilerde problem çözme, düşünme, karşılaştırma, analiz etme, sentez etme ve sonuca varma gibi davranışların gelişmesini sağlamaktadır (Günbatar ve Sarı, 2005; Örnek, 2008; Sevgi, 2006). Fizik öğretiminde model ve modellemenin oldukça kabul gördüğü ve öğretim sürecine olumlu katkı yaptığına dikkat çekilmektedir (Çökelez, 2015; Gülçiçek ve Güneş, 2004). Bu modeller arasında zihinsel modeller ön plana çıkmaktadır.

2. 1. 2. 1. Zihinsel Modeller

Zihinsel modeller, bireyler tarafından bilişsel işlemler sonucunda üretilen kişiye özel zihinsel temsillerdir (Coll ve Treagust, 2003; Güneş, Gülçiçek ve Bağcı, 2004). Diğer bir ifadeyle, zihinsel resimlerin bir formudur ve kişisel zihinsel yapıları gösteren şekillerdir (Johnson-Laird, 1983). Zihinsel modeller, bilginin bir temsilidir, dolaylıdır, tanımlanmamıştır, bilimsel değildir, kişiseldir ve insanların temsili sistem üzerine inanışlarını yansıtır (Günbatar ve Sarı, 2005; Ünal ve Ergin, 2006). Yeni bilgiler kazanıldıkça geliştirilir. Modeli oluşturan bireye özgüdür ve işlevseldir. En önemli işlevi,

bireye temsil ettiği sistemle ilgili açıklama ve tahmin yapma fırsatı sunmasıdır (Ünal ve Ergin, 2006).

Bilim insanları, zihinsel modelleri daha çok hipotez kurmada ve gözle görülemeyen olayları anlamak için kullanmaktadırlar (Güneş, Gülçiçek ve Bağcı, 2004; Ünal ve Ergin, 2006). Bu durum, bilimsel olayı değerlendirmede, açıklamada ve sınırlarını çizmede kolaylık sağlamaktadır (Coll, 2008). Okullarda yapılmaya çalışılan ise, öğrencilerin öğrenme öncesi sahip oldukları ön bilgileri ya da zihinsel modellerini, bilim adamlarının ortaya koymuş olduğu bilimsel modelleri dikkate alarak geliştirmelerine yardımcı olmaktır. Öğrenciler tarafından üretilen ve kullanılan zihinsel modeller, tamamlanmamıştır ve kararlı değildir yani değişebilir (Greca ve Moreira, 2000; Güneş, Gülçiçek ve Bağcı, 2004). Buna göre zihinsel modeller bireye özgü olup, yeni bilgiler kazanıldıkça geliştirilir (Örnek, 2008; Tversky, 1993; Ünal ve Ergin, 2006).

Zihinsel modellere doğrudan ulaşılamaz fakat temel olarak bireylerin iletişim sırasında kullandıkları jest ve mimiklerden, konuşmalardan ve yazılarından yorumlanarak ortaya çıkarılabilir (Justi ve Gilbertt, 2000). Bu nedenle, zihinsel modellerin ortaya çıkarılması ve anlaşılabilmesi için öğrencilerin sahip oldukları karakteristik özelliklerin bilinmesi gerekmektedir (İyibil, 2010). Zihinsel modeller ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, aşağıdaki özellikler ön plana çıkmaktadır:

- Zihinsel modeller, gerçek fiziksel varlıklar değildir. Onların varlığı hakkında, gözlemlenebilir davranışlar dikkate alınarak sadece iddialarda bulunulabilir (Rapp, 2005).
- Zihinsel modeller, bireyin olgu/süreçlere ait inançlarını yansıttığından bilimsel değildir (Norman, 1983). Bireylere özgü olduğundan kolayca ortaya çıkarılamaz (Coll ve Treagust, 2003; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003).
- Zihinsel modeller, tamamlanmamış olup sabit sınırları yoktur (Norman, 1983). Sahiplerinin algıları, inançları ve dünya görüşleri ile sınırlıdır (Greca ve Moreira, 2000; Örnek, 2008).
- Zihinsel modeller, zamanla değişebilen dinamik sunumlardır (Rapp, 2005). Bireyler yeni bilgiler öğrendikçe ve zamanla değişir.
- Zihinsel model sahiplerinin, zihinsel modellerinin ve onları kullandıklarının farkında olmadıkları söylenebilir (Örnek, 2008; Redish, 1994; Ünal-Çoban ve Kaya-Şengören, 2009).
- Zihinsel modeller, çelişkili bakış açıları içermektedir (Itza-Ortiz, Rebello ve Zollman, 2004).
- Zihinsel modeller; görüntüleri, kurallar dizgisini, önermeleri ve bunların nerede ve nasıl kullanılacakları ile ilgili durumları içerir (Redish, 1994).

Yukarıda belirtilen özellikler dışında zihinsel modellerin en önemli özelliği, öğrencilerin bilişsel yeteneklerini ne ölçüde geliştirebildiğini değerlendirme fırsatı sunmasıdır (Ünal ve Ergin, 2006; Vasniadou, 1994). Öğrencilerin sahip oldukları kavramları anlama ve bunların zamanla nasıl değiştiğini takip ederek açıklama imkânı sunması açısından zihinsel modeller teorik bir çerçeve sunmaktadır (Jabot ve Henry, 2004). Öğrencilerin konuyu anlayıp-anlamadıklarını ölçmek amacıyla zihinsel modeller kullanılabilir (Greca ve Moreira, 2000; Kurnaz ve Arslan, 2008; Narjaikaew, 2012; Örnek, 2008; Ünal ve Ergin, 2006; Vasniadou, 1994). Bu durum, öğretmenler ve öğrenciler için oldukça faydalıdır.

Anlamlı öğrenmenin tam olarak gerçekleştirilmesi için zihinsel modellemenin oluşması gerekmektedir. Ayrıca öğrenilmesi zor olan soyut ve karmaşık konuları öğrenme sürecinde yardımcı öğretici araçların kullanılmasının başarı düzeyini arttırmasının yanında model oluşturmanın, daha etkili olduğuna dikkat çekilmektedir (Güneş ve Çelikler, 2009).

2. 1. 2. 1. 1. Zihinsel Modellerle İlgili Literatürdeki Çalışmalar Dikkate Alınarak Yapılan Kabuller

Zihinsel modellerle ilgili literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak, yürütülen araştırma kapsamında zihinsel modeller ile ilgili araştırmacı tarafından yapılan kabuller aşağıda sunulmaktadır (Kurnaz, 2011; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003):

- Zihinsel modeller, içsel/bilişsel sunumlardır.
- Zihinsel modeller, bireylerin zihinlerindeki soyut araçlardır ve zamanla değişebilen dinamik yapıdadırlar.
- Zihinsel modeller, başarılı veya başarısız tüm öğrenme süreçlerinde yapılandırılır.
- Geliştirilen zihinsel modellerin mükemmel ve işlevsel olması beklenmesine karşın bireyler bunları dışa vurmada bazen farklı şekilde davranabilmektedir. Bu nedenle ortaya çıkarılan zihinsel modeller, ileri sürülen yorumlamalardan ibarettir.
- Bireyler açıklayamadıkları durumlarla ilgili genellikle kusurlu zihinsel modeller geliştirebilirler veya bu durumları kusurlu bir zihinsel modele dayandırabilirler.
- Zihinsel modeller, öznel değerler olup, betimlenmesi zordur.
- Zihinsel modeller, gerçek fiziksel varlık değildirler.
- Zihinsel modellerin yapılandırma süreci bireye özgü olsa da bireylerin öznel yapılandırma süreçlerindeki sosyal etkileşimleri nedeniyle bir uzlaşım vardır.
- Zihinsel modeller hakkında edinilecek bilgiler, araştırmacılara ve öğretmenlere öğrencilerin bilgi yapıları hakkında önemli bilgiler sunmaktadırlar.

Araştırma kapsamında zihinsel modellere ilişkin sunulan özelliklerin bir arada düşünülmesinin, araştırma sürecinde yürütülecek uygulamalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Zihinsel modellerin geliştirilmesi ve belirlenmesine yönelik yapılan literatür çalışmalarında son zamanlarda fizik öğretiminde sanal laboratuvar programlarıyla desteklenmiş yapılandırmacı yaklaşıma uygun yöntem ve tekniklerin kullanılması önerilmektedir (Biel, Vento ve Costa-Castelló, 2010; Michelet, Adam, Luengo, 2007; Miller, Ely, Baldwin ve Olds, 1998).

2. 2. 7E Öğretim Modeli ve Özellikleri

Yapılandırmacı yaklaşım temelinde düzenlenerek uygulanan fizik öğretim programı, öğrencilerin derse aktif katılımını ve yeni bilgileri zihinlerinde yapılandırmalarını sağlayan yöntem ve teknikler içermektedir. Bu süreçte öğrenciler, bilgiyi bizzat yaparak, yaşayarak kendi zihinlerinde yapılandırabilmekte ve günlük yaşamla ilişkisini kurabilmektedir (Saka, 2006; Ültay ve Çalık, 2011). İşbirlikçi öğrenme, sorgulayıcı, rol alma, tahmin-gözlem açıklama, analojiler, kavram haritaları, karikatürler, PDÖ (Probleme Dayalı Öğrenme) ve öğrenme halkası yöntem ve teknikler, fen öğretiminde yapılandırmacı yaklaşım kapsamında uygulanan temel stratejiler arasında yer almaktadır (Çepni, Şan ve Gökdere, 2001; Özbek, Çelik, Ulukök ve Sarı, 2012).

Öğrenme halkası modeli 1970'li yılların sonlarına doğru Robert Karplus (1977) tarafından geliştirilmiştir. Temeli Piaget'in Zihinsel Gelişim Kuramı ve yapılandırmacı yaklaşıma dayanan aktif bir öğretim modelidir (akt: Şaşmaz-Ören ve Tezcan, 2008, s. 429). Karplus ve diğerleri, bu modeli kullanarak "Science Curriculum Improvement Study" (SCIS) "Fen Programlarını İyileştirme Çalışması" olarak bilinen fen bilimleri müfredat çalışmasını ortaya koymuşlardır (Özbek ve diğ., 2012).Öğrenme halkası yıllarca kullanılıp üzerinde araştırmalar ve bir takım düzeltmeler yapıldıktan sonra üç aşamadan sırasıyla dört, beş ve yedi aşamalı bir duruma getirilmiştir. Bu sorgulamaya dayalı öğrenme çerçevesinde model; 1- keşfetme; bilimsel olguların öğrencilere ilk elden test edilme süreci, 2- kavramın tanıtılması; öğrencilere fen kavramlarının öğretmenler ve akranlar arasında etkileşim yoluyla anlamlandırma süreci, 3- kavramın uygulanması; öğrencilerin yeni durumlar ya da sorunlarda anlamlandırdıkları kavramların uygulanma süreci olmak üzere üç aşamada sınıflandırılmıştır (Özbek ve diğ., 2012).

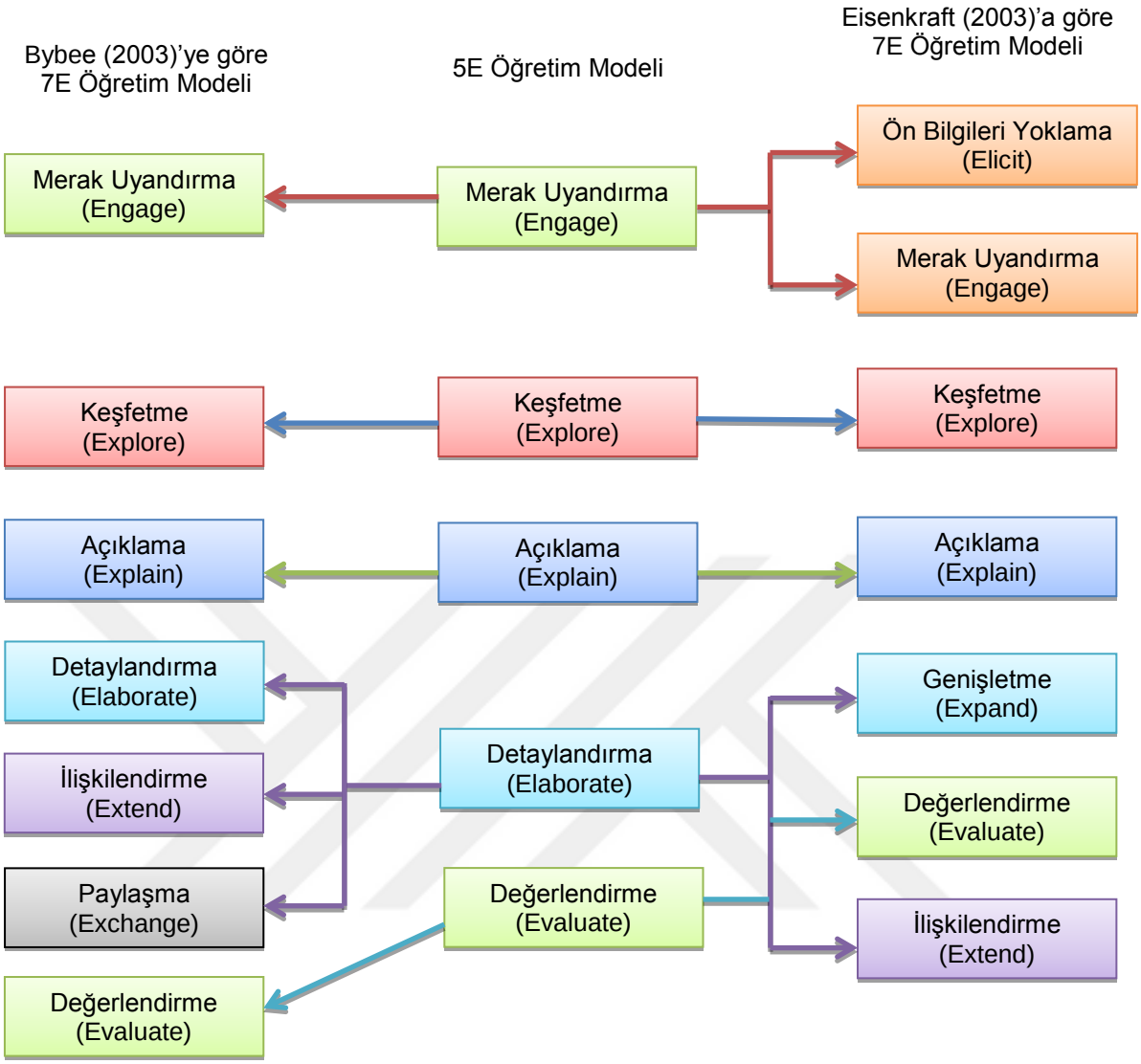
Öğrenme halkası modeli, fen bilimlerinde akademik başarının artması, kavramların kalıcı hale gelmesi, fen bilimlerine ve doğasına olumlu tutum geliştirmesi ve geleneksel yöntemlere göre daha etkili olduğundan öğrenme ortamlarında sık sık uygulanmaktadır (Altun-Yalçın, Açışlı ve Turgut, 2010; Saka ve Akdeniz, 2006; Seyhan ve Morgil, 2007).

Bu model daha sonra geliştirilerek 4E, 5E ve 7E gibi çeşitli modeller kullanılmaya başlanmıştır (Ültay ve Çalık, 2011). Bu modellerin içerisinde fizik öğretiminde en sık kullanılan ve kullanılması tavsiye edilen 5E ve 7E modelleridir (Ceylan ve Geban, 2009; Demirezen, 2012; Gönen ve Kocakaya, 2010; Gürbüz, Turgut ve Salar, 2013; Kanlı, 2009; Özbek ve diğ., 2012; Saka ve Akdeniz, 2006; Ültay ve Çalık, 2011). 7E öğretim modeli, aynı zamanda ortaöğretim fizik öğretim programında da yer almaktadır (MEB, 2007). Ayrıca literatürde, kavram öğrenimini arttırdığı ve öğretimde faydalı olduğu görülmektedir (Kaleli-Yılmaz, Ertem ve Çepni, 2010; Özbek ve diğ., 2012).

7E öğretim modelinin aşamalarında araştırma evresi etkinlikleri genellikle laboratuvar etkinlikleridir ve öğrencilerin bilimsel kavramlarını geliştirmelerinde gerekli verileri sağlamaktadır. Araştırma evresini, öğretmen rehberliğinde kavram tanıtımı yani kavramların oluşturulması izler. Bu aşamada öğrenciler, verileri yorumlarken yönlendirilir böylece öğrenciler bilimsel kavramları yapılandırırlar. Sonraki aşama kavram uygulaması olan genişleme aşamasıdır. Böylelikle öğrencilerin kavramlarıyla, yeni oluşturdukları kavramlar arasında ilişki kurmaları istenir.

Günümüzde fizik öğretiminde ve özellikle elektrik konusunun öğretimi ile ilgili olarak 7E öğretim modeli tercih edildiği görülmektedir (Demirezen, 2012; Gönen ve Kocakaya, 2010; Gürbüz, Turgut ve Salar, 2013). Eisenkraft (2003) tarafından geliştirilen 7E öğretim modelinin temel adımları, 5E öğretim modeli ile aynı olmasına rağmen uygulamada farklılıklar bulunmaktadır. Bybee ve dieğrleri tarafından tasarlanan ve sunulan 7E öğretim modeli, 5E modelinin geliştirilmiş bir formudur (Çepni, Şan ve Gökdere, 2001). Özellikle bu 7E öğretim modeli incelendiğinde, 5E modelinin detaylandırma aşamasından itibaren öğrenme ortamının merkezi konumundaki öğrencilerde sorgulamayı, iletişimi ve paylaşımı öne çıkaran bir anlayışla ayrıştığı görülmektedir (Şekil 1).

Şekil 1'de görüldüğü gibi; Bybee (2003) tarafından geliştirilen 7E öğretim modeli, 5E öğretim modelinin detaylandırma basamağından sorgulama, işbirliği, iletişim, tartışma, paylaşma ve ilişkilendirmeyi öne çıkarmaktadır (Paliç-Şadoğlu, 2014). Yapılan literatür çalışmaları sonucunda işbirliğine dayalı yaklaşımla işlenen derslerin öğrenciler üzerinde olumlu etkisi olduğu görülmektedir (Çopur ve Moğol, 2012; Ünsal ve Moğol, 2005). Yapılacak çalışmanın özellikleri göz önüne alındığında, "Paylaşma/Fikir alışverişi" aşamasının önemli olduğu düşünüldüğünden Bybee (2003) tarafından yorumlanan aşamalar dikkate alınmıştır. Buna göre, 7E öğretim modelinin aşamaları aşağıdaki şekilde belirtilmiştir (Gürbüz ve diğ., 2013; Kanlı, 2009; MEB, 2007; Özbek ve diğ., 2012; Ültay ve Çalık, 2011):



Şekil 1.Bybee (2003) ve Eisenkraft'a (2003) göre 5E öğretim modelinden 7E öğretim modeline geçişin gösterimi

1. *Merak uyandırma (Engage):* Öğrencilerin ilgi ve motivasyonlarının arttırılmaya çalışıldığı aşama olup; bir probleme, bir duruma ve bir olaya zihinsel olarak odaklanmaları sağlanır. Bu aşamada, ayrıca öğrencilerin ön bilgileri de tespit edilmelidir. Bunun için öğretmen öğrencilere özellikle ön bilgilerini yoklayıcı ve merak uyandırıcı sorular sorar. Öğrenciler de konuyla ilgili düşünmeye başlarlar.
2. *Keşfetme (Explore):* Bilimsel araştırmanın doğası gereği, öğrencilerin bir takım becerileri kullandığı aşamadır. Öğrencilere ortak pratik deneyler yaşamaları için zaman ve mekân tanınır, onlara kavramlar ve beceriler geliştirmeleri için fırsatlar verilir. Öğretmen mümkün olduğunca az yardımla öğrencileri birlikte çalışmaya teşvik eder, onları gözler ve dinler.

3. *Açıklama (Explain):* Bu aşamada öğrenciler, oluşturdukları hipotezi kabul veya reddetmek için etrafındaki kişilerle (sınıf arkadaşı, öğretmen vb.) işlemler yapar. Bu aşamada öğretmen, öğrencilerin geliştirdiği modeller üzerinden bilimsel açıklama yapar.
4. *Detaylandırma (Elaborate):* Bu aşama, öğrencilerin yaptıkları etkinlik/deney dışında yine küçük bir deney ya da düşünce deneyleri ile farklı bir olaya ulaştıkları yargıları test ettikleri durumdur. Öğrencilere kavramlarla ilgili bilgilerini ilerletme ve onları başka bağlamlara uygulama şansı verir.
5. *İlişkilendirme (Extend):* Öğrencilerden edindikleri bilgi ve becerilerinin transferi için mevcut kavramları günlük yaşamdan diğer alanlarla ve/veya diğer kavram/konularla ilişkilendirmelerinin istendiği aşamadır.
6. *Paylaşma/Fikir Alışverişi (Exchange):* Sosyal yapılandırmacı yaklaşımın "birey sosyal bir ortamda bilgiyi yapılandırır" ilkesi dikkate alınarak öğrencilerin daha önce grup arkadaşlarıyla deney hakkında paylaştıkları verileri, grafikleri, örnekleri vb. durumları diğer öğrencilere sunmaları ve tartışmalarıdır.
7. *Değerlendirme (Evaluate):* Öğrenciler, uygulama boyunca edindikleri kavramlar, delillere ve kanıtlara dayanarak farklı sorulara cevap bulmaya çalışır. Öğretmen, bu aşamada öğrencilerin öğrendiklerini daha resmi olarak değerlendirebilir. Burada en önemli şey, öğrencilerin geri bildirim almak zorunda olduğu gerçeğidir.

Yukarıda sunulan özellikler dikkate alındığında 7E öğretim modelinin, çoklu sunum stratejisine dayalı fizik öğretiminin yürütülmesi için uygun olacağı düşünülmektedir. Bu amaç doğrultusunda, dışsal sunumlarda kullanılmak üzere günümüz üst düzey yazılımlarından olan sanal laboratuvar programları öğretim atmosferinin ortamına aktarılarak daha etkin bir öğrenme ortamının oluşturulacağı düşünülmektedir. Günümüz ortaöğretim fizik öğretim programı bağlam temelli yaklaşıma göre hazırlanmıştır. Bağlam temelli yaklaşımda en çok REACT (**R**elating (İlişkilendirme), **E**xperiencing (Tecrübe Etme), **A**pplying (Uygulama), **C**ooperating (İşbirliği), **T**ransferring (Transfer Etme)) stratejisi kullanılmaktadır. Araştırmada kullanılan 7E öğretim modelinin, REACT strajesinden farkları karşılaştırılarak, araştırma kapsamında uygulamaların oluşturulmasına katkı sağlamıştır.

2. 2. 1. 7E Öğretim Modeli ve REACT Stratejisi Arasındaki Farklar

Fizik öğretiminin amaçlarından biride anlamlı ve kalıcı öğrenmeyi sağlamak amaçlanmasına rağmen, bazı sorunların tamamen çözülmesinde yetersiz kalınmaktadır.

Bu sorunlar şöyle sıralanmaktadır: 1- Fizik konularının fazla olması, 2- Bilimsel bilgilerle günlük yaşamı ilişkilendirilmemesi, 3- Öğrencilerin bilimsel bilgileri farklı bağlamlara uygulamada güçlükler yaşaması, 4- Mevcut fen programlarının "Bunu neden öğrenmem gerekiyor?" sorusuna cevap vermedeki yetersizlikleri (Ültay ve Çalık, 2011). Fizik eğitiminde karşılaşılan bu problemleri gidermek ve öğretimin kalitesini arttırmak amacıyla bağlam temelli öğretim yaklaşımı kullanılmaya başlanmıştır. Diğer bir adı da "Yaşam temelli öğretim" olan bu yaklaşım, 1980'lerin başlarında İngiltere'de York Üniversitesi'nde çalışan bir grup eğitimci tarafından geliştirilmiştir. Amacı, öğrencilere bilimsel kavramları günlük yaşamdan seçilmiş olaylar ile sunmak ve böylece öğrencilerin motivasyon ve isteklerini arttırmaktır. Böylelikle öğrencilerin fen bilimlerine karşı ilgileri arttırılarak, gerçek yaşamla fen bilimleri arasındaki ilişkinin farkına varmalarını sağlanıp bilimsel süreç becerileri geliştirilmeye çalışılmaktadır (Demirkan, 2006; Kumar, 1995; Thurab-Nkhosi, 2009).

Bağlam temelli öğretimde kullanılan öğretim stratejileri; REACT (**R**elating (İlişkilendirme), **E**xperiencing (Tecrübe Etme), **A**pplying (Uygulama), **C**ooperating (İşbirliği), **T**ransferring (Transfer Etme)) adı altında birleştirilmiştir (Crawford and Witte, 1999; Dann, 1993). Buna göre, öğrenciler bilimsel bilgileri anlayarak, günlük yaşamlarıyla ilişkilendirerek öğrenecek ve farklı durumlarda kullanabileceklerdir (Coştu, 2009; Ültay ve Çalık, 2011).

Türkiye'de ortaöğretim fizik öğretim programlarının geliştirilme sürecinde bağlam temelli öğrenme yaklaşımı kullanılmaktadır. Fakat 5E ve 7E öğretim modellerine aşina olan öğretmenler ve araştırmacılar, bağlamsal öğrenmeyle, özellikle REACT stratejisiyle karşılaştıklarında bir ikilem yaşamaktadırlar. 7E öğretim modeli ve REACT stratejileriyle ilgili olarak yukarıda verilen açıklamalardan sonra Tablo 2'de benzer ve farklı yönleri karşılaştırılmıştır (Özmen, 2004; Ültay ve Çalık, 2011).

Tablo 2. 7E Öğretim Modeli İle REACT Stratejisinin Benzer ve Farklı Özellikleri

Basamak	Özellik	7E Öğretim Modeli	REACT Stratejisi
Merak uyandırma ve İlişkilendirme basamakları	Öğrencinin dikkati konuya çekilir	√	√
	Öğrencinin ilgisini çekmek için günlük yaşamdan bağlamlar sunulur ve konu seçilen bağlam dâhilinde öğretilmeye çalışılır	*	√
	Öğrencilerin önbilgilerinin farkına varması sağlanır	√	√
	Öğretmen, öğrencilerin ne düşündüklerini ortaya çıkarmak için değerlendirme yapar	√	√
	Önbilgilerin ortaya çıkarılmasında deneyim, araştırma ve soruşturma yöntemlerinden faydalanılabilir	√	*
	Öğrencilerin konu ile ilgili ön bilgisi yoksa soyut kavramları somut bir şekilde modelleyebilecekleri modeller veya bilgisayar programları kullanılabilir	*	√
	Öğrenciler yeni anlatılacak konu ile ilgili düşünmeye sevk edilir.	√	√

Tablo 2'nin devamı

Keşfetme ve Tecrübe etme basamakları	Öğrencilerin kendi bildiklerini denedikleri, gözlem yaptıkları, deneyim kazandıkları ve bilgiyi paylaştıkları aşamadır.	√	√
	Öğretmen pasif roldedir ve öğrencilerin birlikte çalışmasını teşvik eder.	√	√
	Öğrencilerin yaptıkları incelemeleri tekrar etmeleri için öğretmen geniş kapsamlı sorular sorar, onları düşünmeye ve yorum yapmaya yöneltir.	√	√
Açıklama basamağı	Öğretmen, öğrencilere sorduğu sorularla onların daha derin açıklamalar yapmalarını ister.	√	X
	Öğrenciler, öğretmenin önerilerini dinleyerek yorumlamaya çalışırlar.	√	X
Detaylandırma ve Uygulama basamakları	Öğrencilerin öğrendikleri kavramları kullanabilecekleri projeler, problem çözme veya laboratuvar etkinlikleri kullanılabilir.	*	√
	Öğretmen, öğrencilerin kavramları, tanımlamaları ve açıklamaları araştırmalarını ve bunları kullanmalarını ister.	√	√
	Öğrenciler önceki bilgileri yardımıyla yeni sorular sorar, çözüm yolları önerir, deneyler tasarlar.	√	X
İlişkilendirme ve işbirliği basamakları	Öğretmen, mevcut kavramların diğer alanlardaki anlamlarını da hatırlatır, karşılaştırır ve bu yolla yeni kavramlar oluşturur. Bununla ilgili sorular sorar.	√	X
	Öğrenciler, kavramların diğer alanlardaki anlamları ile kendilerine öğretilen anlamları arasındaki ilişkiyi kurmaya çalışır.	√	√
Paylaşma/Fikir Alışverişi ve Transfer etme basamakları	Öğretmen, öğrencilere grup tartışması yoluyla kavramlar hakkında bilgi paylaşımı yaptırır. Öğrenciler, diğer gruplarla veya kendi grubundaki arkadaşları ile işbirliği yaparlar.	√	√
	Öğrenilen bilgiler diğer disiplinlerle veya kavramlarla ilişkilendirilerek yeni durumlara uygulanır.	*	X
	Öğrenciler gruplar halinde problem çözme etkinlikleri veya günlük hayattan verilen gerçekçi senaryolar üzerinde çalışır.	*	√
Değerlendirme basamağı	Öğrenciler önceki aşamalardaki bilgilerini değerlendirerek, bilginin farkına varırlar.	√	X
	Öğretmen öğrencileri inceler, bilgi ve becerilerini ölçerek davranış değişikliklerinin sebebini açıklamaya çalışır.	√	X

√: özelliği gösterir. X: özelliği göstermez. *: özelliği göstermesi veya göstermemesi şart değildir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi, 7E öğretim modeli ile REACT stratejisi arasında oldukça büyük benzerlikler bulunmaktadır. Özellikle 7E öğretim modelinin açıklama ve değerlendirme basamaklarındaki özelliklerin daha fazla ve ayrıntılı olduğu görülmektedir. Diğer taraftan REACT stratejisinde kullanılan tüm materyaller ve verilen örnekler bağlamla ilişkilendirilmek durumundayken 7E öğretim modelinde böyle bir zorunluluk yoktur. Ayrıca her iki modelde de öğretmen rehberlik yapsa da, 7E öğretim modelinde öğretmenin aktif olduğu açıklama basamağı bulunurken, REACT'da böyle bir aşama veya içerik bulunmamaktadır. REACT stratejisinin transfer basamağında, öğrencilerin sınıfta daha önceden karşılaşmış oldukları durumlara öğrendikleri yeni bilgileri transfer etmeleri gerekirken; 7E öğretim modelinde, öğrencilerden öncelikle daha önce öğrenmiş oldukları bilgileri kullanarak yeni bilgiler öğrendiklerinin farkına varmaları beklenir. Değerlendirme

aşamasında öğrenciler bilgiyi yeni durumlara transfer edebilir ancak bu durum bir zorunluluk değildir.

2. 2. 2. 7E Öğretim Modelinin Uygulanma Sürecinde Dikkate Alınacak Noktalar

Araştırma kapsamında yapılacak çalışmada, 7E öğretim modeli kullanımına ilişkin dikkat edilecek noktalar aşağıda belirtilmiştir:

- Bybee'nin yorumladığı şekilde, 7E öğretim modelindeki basamak özellikleri kullanılacaktır.
- Öğrencilere sorulacak sorularla önbilgileri test edilebilir.
- Kullanılacak örneklerin günlük yaşamla ilişkilendirilmesi zorunlu değildir.
- Keşfetme basamağında öğrencilerin deneme-yanılma yapabilecekleri bir ortam oluşturulmalıdır.
- Açıklama basamağında öğretmen aktif olarak rol alabilir. Öğrencilere konuyla ilgili açıklamalarda bulunabilir.
- İlişkilendirme basamağında konu dışına çıkmadan öğrencilerin fikir paylaşımında bulunması sağlanır.
- Öğrencilerin konuya ne kadar hâkim olduklarını göstermek amacıyla değerlendirme yapılır.
- Öğretmen, öğrencilere açık uçlu sorular sorarak onların konuyla ilgili zihinlerinde oluşturdukları modelleri algılayabilir (Özmen, 2004).

2. 2. 3. Araştırmada 7E Öğretim Modelinin Seçilme Nedenleri

Araştırmada ortaöğretim öğrencilerine yönelik sanal laboratuvar programları kullanılarak oluşturulacak öğrenme ortamını tasarlarken öğretim yöntemi olarak 7E öğretim modelinin seçilme nedenleri aşağıda belirtilmiştir:

- Kavram öğretimini ve değişimini destekler özellikte olması (Özbek ve diğ., 2012),
- Öğrencilerin araştırma ve keşif yapmasını destekler nitelikte olması (Özbek ve diğ., 2012).
- Laboratuvar etkinliklerini desteklemesi,
- Öğrencilere bilimsel süreç becerileri kazandırma, olumlu tuttum geliştirme, öğrencileri güdüleme ve bilgiyi hatırlama gücü bakımından daha etkin olması (Gürbüz, Turgut ve Salar, 2013),

- Bilgisayarlı fen öğretimini, sınıf içi tartışmaları, öğrenci sunumları gibi farklı öğretim yöntemlerini desteklemesi (Gerber, Brovey ve Price, 2001),
- Öğretim programına uyumlu ve yapılandırmacı yaklaşıma uygun olması,
- Mevcut öğretim programının ve alan eğitimi konusunda çalışan uzmanların önerdiği bir yöntem olması (MEB, 2007),
- Literatürde elektrik akımı üzerine yapılan birçok çalışmanın 7E, 5E gibi modellere dayandırılması (Ceylan-Soylu, 2011),
- Öğrencilerin ön bilgilerinin kullanımına ve belirlenmesine fırsat vermesi,
- Öğretmenler tarafından oluşturulması ve uygulanması daha kolay olması (Ültay ve Çalık, 2011),
- Öğrencinin aktif olarak derse katılımını ve araştırma yapmayı sağladığından anlamlı öğrenmeyi desteklemesi (Özmen, 2004),
- Öğrenciler arasındaki iletişimi ve fikir alışverişini arttırması,
- Kavramsal değişimi sağlamada öğrencilere, kendi fikirlerini yansıtabilecekleri ve bu fikirleri değerlendirebilecekleri bir arkadaş ortamı içinde tartışma fırsatı verilmesi (Smith, Blakeslee ve Anderson, 1994),
- Öğrencilerin kendi öğrenmelerini kendilerinin sağlaması için ortam oluşturması,
- Öğrencilerin problem çözme becerilerinin geliştirilmesini sağlaması,
- Simülasyon ve sanal laboratuvar gibi programları, kullanımına uygun bir model olması (Gönen ve Kocakaya, 2010; Özmen, 2004),
- Sanal laboratuvarlar ile öğrenciler temel bilgi ve beceri kazandıktan sonra kendi tahmin ve sonuçlarını test edebilme, birbirleri ile karşılaştırma yapıp tahmin yürütebilme ve sonunda kendi fiziksel sonucunu formüle edip açıklayabilme (Oidov ve diğ., 2012) imkânı sunması,
- Değerlendirme aşamasında, öğrencilerin zihinsel modellerini algılama imkânı sunması.

2. 3. Sanal Laboratuvarlar ve Özellikleri

Sanal laboratuvar; eğitimde uygulama deneyimi kazanmak için yapılması gereken deneylerde gerçek zamanlı simülasyon olanağı sağlayan bilgisayar ortamı olarak tanımlanmaktadır (Akın ve Karaköse, 2003). Scherp'e (2002) göre ise, simülasyon tabanlı bir çoklu ortam olarak bilgisayar ortamında gerçeğin modelleştirilmesidir.

Sanal laboratuvarlar programları; araştırmacıların ve öğrencilerin ihtiyaçları için uygun hale getirilen, yüksek etkileşimli bir ortam oluşturmak için modelleme, simülasyon

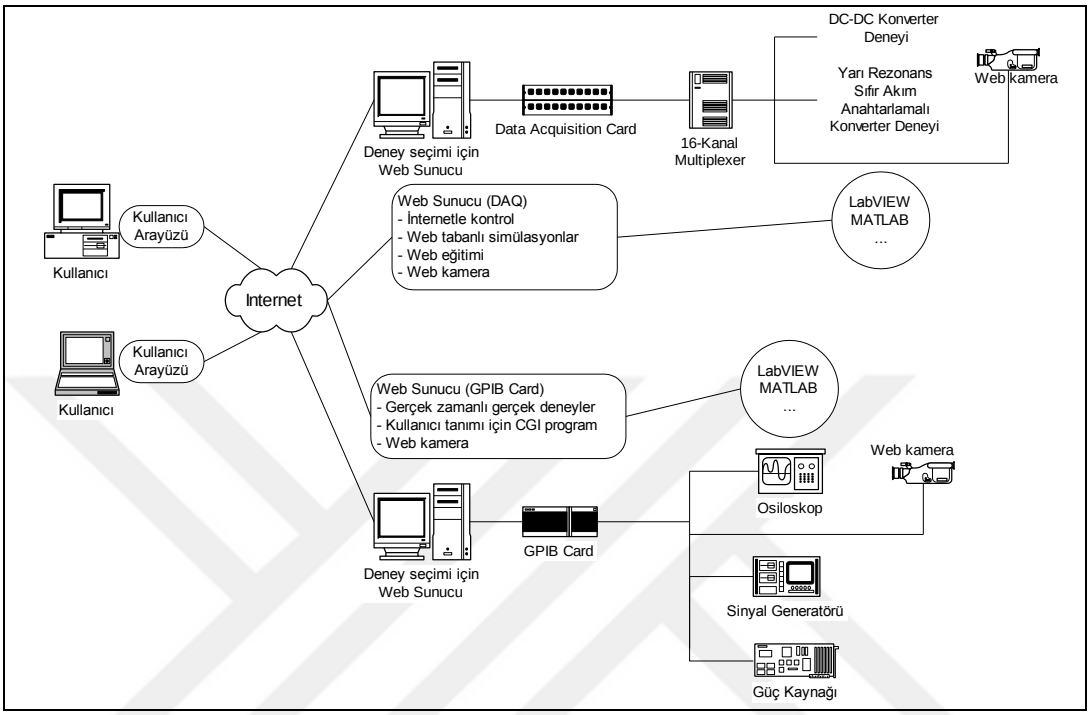
ve bilgi teknolojilerini birleştiren programlar olarak açıklanmıştır. Sanal laboratuvar ortamındaki deneyler, gerçek dünyadaki benzerinin tam bir kopyası değildir. Bu nedenle, gerçek fizik deneylerinde yapılamayan ve eğitim için oldukça yararlı olan özellikleri uygun bir biçimde sunabilmektedir (Moshell ve Hughes, 2001; Noor, 2001). Örneğin, gerçek yaşamda oldukça uzun süren ve yapılması güç olan deneyler birkaç dakika içinde simüle edilebilmektedir veya bir deney esnasında gözden kaçan ayrıntıları ideal bir ortamda sunabilmektedir. Guzzi (2005) ve Scherp'e (2002) göre; sanal laboratuvar programları, belirli bir mantık sırası ve matematik kuralları içerisinde işleyen, çoklu ortam, ses, görüntü, film içeren yüksek etkileşimli, eğitsel bilgisayar merkezli araçlardır. Bu programlar öğrenciye öğretmen kontrolü ve bilgisi doğrultusunda çalışma imkânı sunabileceği gibi, öğrenciye deneme-yanılma yaklaşımıyla da öğrenme imkânı sunmaktadır (Oidov ve diğ., 2012).

Sanal laboratuvarlar, gerçek fizik laboratuvarlarının benzetimidir. En önemli özelliği, kullanıcı ara yüzünün yüksek etkileşimli olmasıdır. Bir sanal laboratuvar programında kullanıcı, fare (mouse) ve klavye yardımıyla nesneleri hareket ettirerek, laboratuvar malzemelerini istediği sıralamada kullanıp, deneyler gerçekleştirilebilmektedir (Morshell ve Hughes, 2002; Scherp, 2002). Sanal laboratuvar programları, matematik, fizik, kimya ve mühendislik bilimleri, tıp, askeri ve pilotluk eğitimleri gibi birçok teorik ve deneysel alanda kullanılmaktadır (Akın ve Karaköse, 2003; Baser, 2006; Jeschke, Richter ve Zorn, 2001).

Moshell ve Hughes (2001) sanal laboratuvarlar kullanılarak yapılan fen öğretiminde, her seviyeden öğrencinin akademik başarılarının arttığı, derse karşı olumlu tutumlar geliştirdikleri, kavram öğreniminde olumlu gelişmelere neden olduğu belirtilmektedir. Ayrıca öğrenciler, sanal laboratuvar programları kullanarak kendi zihinlerinde oluşturdukları gerçek dünyaya ait kavramları somutlaştırabilmekte ve öğretmenlerde öğrencilerini değerlendirme sürecinde sanal laboratuvar programlarını yardımcı araç olarak kullanabilmektedirler. Çalışmada sanal laboratuvar programlarının, yapılandırmacı ve işbirlikçi yaklaşımlara dayalı öğretim stratejilerini desteklediği belirtilmektedir. Sanal laboratuvar programlarının 9. sınıf öğrencileri üzerindeki uygulamalarının gerçek kimya laboratuvar programları kadar öğrenmede olumlu etki yaptığı vurgulanmaktadır (Tatlı ve Ayas, 2012).Bu tür etkileşimli ortamların gerçek dünyadaki karmaşık olay ve kavramları öğrenmede öğrencilere yol gösterici olabileceği ve öğrencilerin doğru zihinsel model geliştirmelerine yardımcı olacağını belirtilmektedir (Miller, Ely, Baldwin ve Olds, 1998).

Sanal laboratuvarların oluşturulması için günümüzde pek çok farklı yazılımlar (Matlab, Java, Flash, vb.) kullanılmaktadır (Akın ve Karaköse, 2003; Gündüz, Baykan ve Yıldız, 2007; Karagöz, 2006). Kullanılan yazılımlarla, kullanıcı etkileşimleri ve sanal laboratuvarların fonksiyonellikleri arttırılabilmektedir. Ayrıca bu programlar hem

bilgisayarlara kurulup çalışabileceği gibi hem de bir bilgisayar ağı üzerinden de çalışabilmektedir. Şekil 2'de, elektrik konusu için tasarlanmış web tabanlı çalışan interaktif bir sanal laboratuvar programının donanım ve yazılım yapısı gösterilmektedir:



Şekil 2.Elektrik konusu için hazırlanmış bir sanal laboratuvarın donanım ve yazılım yapısı

Şekil 2'den de görüldüğü gibi, bir sanal laboratuvar programını hazırlamak, kullanmak oldukça karmaşık ve zahmetli bir iştir. Birçok alanda kullanıma ihtiyaç duyulmasına ve kullanım alanı artmasına rağmen gerçek anlamda üretimi kısıtlı sayıda kalmıştır. Bu tür programlarla ilgili ilk olarak akla gelen özellikler genellikle kullanıcının bilgisayar ortamında belirli bir olayla ilgili temel durumlarda belirtilen değişkenleri ve parametreleri istediği gibi değiştirebilmesi, seçebilmesi, sembolik olarak nesnelere ulaşabilmesi ve matematiksel analiz sonuçlarını görebilmesidir. Fakat bilişsel modelleme etkinliklerinde bunların dışında kullanıcının parametreleri ve başlangıç değerlerini değiştirebilme ve deneyi farklı koşullar altında çalıştırma imkânı vardır. Bu tür bilişsel modelleme etkinlikleri genellikle iki başlık altında sınıflandırılmaktadır: 1- keşfedici, 2- anlamlı (veya yaratıcı) olma. Keşfedici etkinlikler genellikle bilimsel modellerin bilişsel versiyonlarıyla ve geliştirilen bir sunumla (grafikler, animasyonlar, tablolar, diyagramlar) bireysel olarak yapılan çalışmalardır. Programı geliştirenler de, programı kullananlar kadar bireysel uygulama sonuçlarını keşfetmektedirler. Anlamlı etkinlikler ise, bireylerin kendi

bilişsel modellerini tasarlaması ve onları sunma yollarını oluşturması şeklindedir (Dornelers, Veit ve Moreira, 2010).

Sanal laboratuvarlar, hiçbir zaman geleneksel laboratuvarların yerini tutamazlar fakat etkili ve destekçi bir alternatif niteliği taşımaktadırlar (Akın ve Karaköse, 2003; Biel, Vento ve Costa-Castelló, 2010; Bozkurt, 2008; Gündüz, Baykan ve Yıldız, 2007; Özdener ve diğ., 2005). Ayrıca yapılması zor ve pahalı olan deneylerin daha ekonomik ve istenilen şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadırlar (Guzzi, 2005; Jeschke, 2001; Özdener, 2004; Scherp, 2002; Tarekegn, 2009; Tatlı ve Ayas, 2010). Çok seyrek görülen olayların incelenebilmesi, karmaşık sistemlerin basitleştirilmesi, kullanışlı, ucuz, motive edici ve zamanın hızlandırılıp-yavaşlatılması bakımlarından da faydalı olmaktadırlar (Tekdal, 2002). Aynı zamanda laboratuvar olanakları yeterli olmayan öğretim kurumları içinde sınırsız deney yapma imkânı sunmaktadırlar. Sanal laboratuvarların geleneksel laboratuvarlara göre daha kullanışlı, ucuz ve güvenli olmasının yanında etkin öğrenmeyi arttırdığı ve öğretim ortamını kontrol edip kayıt tutma özellikleri bakımlarından oldukça faydalı olması nedeniyle öğretim ortamlarında kullanımı cazip hale gelmektedir (Akın ve Karaköse, 2003; Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Karagöz, 2006).

2. 3. 1. Sanal Laboratuvarların Fizik Öğretiminde Kullanımı

Fizik içerdiği konular açısından çok fazla ve karmaşık bir bilgi altyapısına sahip olması, güncel hayatta karşımıza çıkan olayları algılamada yardımcı olması, matematiksel ve sembolik analiz ile sayısız öğrenme nesnesi içermesi bakımından sanal laboratuvar programlarının kullanımına oldukça uygun bir alandır. Fizik öğretiminde sanal laboratuvarların kullanımı konusunda yapılan çalışmaların gelişen teknolojiye uygun olarak son 40 yılı kapsadığını görmekteyiz (Bozkurt, 2008; Jimoyiannis ve Komis, 2001; Karagöz ve Özdener, 2007; Kukkonen ve diğ., 2009; Mosterman ve diğ., 1994; Oidov ve diğ., 2012).Gelişen bilgisayar ve iletişim teknolojilerine bağlı olarak bu alanda kullanılmak üzere birçok sanal laboratuvar ortamları tasarlanmakta ve kullanılmaktadır.

2. 3. 1. 1. Sanal Laboratuvarların Fizik Öğretiminde Kullanılma Gerekçeleri

Fizik derslerinin ayrılmaz ve en önemli bileşenlerinden ve tamamlayıcılarından biri olan laboratuvar uygulamaları, öğrencilerin pratik yetenekler kazanmasını ve akademik kariyerlerinde daha başarılı olmalarını sağlamaktadır. Bundan dolayı, laboratuvar uygulamaları fizik eğitiminin vazgeçilmez bir parçasıdır. Fakat geleneksel laboratuvar deneyleri farklı sınırlamalara sahiptir. Laboratuvarlarda öğretim elemanları ve öğrencilerin

karşılaştıkları temel sorunlar aşağıdaki başlıklar altında belirtilmektedir (Ezginci ve diğ., 2006):

- Laboratuvarda her öğrenciye yetecek sayıda deney donanımının bulunmaması, çoğunlukla 3-4 kişilik gruplarla yapılan laboratuvar çalışmalarının birçok yönden yeterince tatmin edici olmaması,
- Karmaşık ve ileri teknoloji içeren deney setlerinin öğrenci eline bırakılamaması (setin tek olması, bozulma ihtimalinin düşünülmesi, cihazı iyi bilen asistanın olmaması, başkalarının da cihazla çalışma isteğini engelleme vb. kaygılar),
- Öğrencinin aynı çerçevedeki benzer deneylerin bazılarını kaçırması veya sonuçlarını yanlış alma nedeniyle dersten kopma veya motivasyonu kaybetme durumları,
- Deneyin muhtemel zorluklarının öğrenci üzerinde oluşturacağı baskı ve çekingenlik,
- Hassas bir cihazın ayarının yapılamaması, deney setindeki bir dönüştürücünün bozulması gibi nedenlerle tüm deney sisteminin çalışamaz, iş görmez duruma gelmesi,
- Deney grupları arasında olumsuz rekabet veya grup içindekilerin takım olamaması nedeniyle oluşan problemlerin öğrenciyi laboratuvar çalışmalarından uzaklaştırması,
- Yapılan deneylerdeki, düzeneklerin dikkat ve sabır isteyen adımlarla gerçekleştirilmesi, ölçümlerdeki çokluk, önceki ölçüm sonuçlarının mukayese edilme zorunluluğu, hata durumlarında başa dönülmesi nedeniyle zaman kaybına karşı koyma iradesi vs. gibi zorluklar,
- Deney yaptıktan bir süre sonra deney çalışmaları hakkında bilgi kayıpları veya şüphelerin oluşması. Örneğin; sınavdan önce deneyin tekrar edilmesi deneyin hatırlanmasını kolaylaştıracak ve oldukça faydalı olacaktır.
- Yapılan bir deneyi, öğrencilerin farklı şekillerde algılaması ve çoğu zaman tek denemeden olayı tam olarak anlayamaması,
- Genelde, laboratuvarda yapılan 6-8 deneyden yalnızca biri için telafi imkânı bulunması.

Belirlenen sorunların çözüme kavuşturulabilmesi amacıyla, sanal laboratuvar programlarının kullanılmasının gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır. Mosterman ve diğerleri (1994) tarafından elektrik mühendisliği bölümünde öğrenim gören 20 üniversite öğrencisiyle yaptıkları deneysel çalışmada, sanal laboratuvar uygulamalarının öğrencilerin derse karşı ilgilerinde ve gerçek laboratuvar uygulamalarında olumlu bir etkiye sahip

olduğuna dikkat çekilmektedir. Ayrıca öğrencilerin konuyu daha kısa sürede ve daha etkili bir şekilde öğrendiklerini ve gerçek laboratuvar ortamında verilen bir deney çalışmasını tamamlama süreleri arasında anlamlı bir farklılığın olduğu vurgulanmaktadır. Jimoyiannis ve Komis (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, fizik dersinde öğrencilerde kavram bilgisinin oluşturulması amaçlanmıştır. 15-16 yaşlarındaki öğrenciler üzerinde, bilgisayar simülasyonlarının etkileri incelenmiş ve deney grubu lehine anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, bilgisayar simülasyonlarının öğrencilerin fizik konularını kavramaya ait sorunlarını ortadan kaldıran ve fonksiyonel anlamayı kolaylaştıran bir öğretim aracı olduğu görülmüştür. Sanal ortamların, akademik öğrenmelerde bir araç gibi kullanılması konusunda yapılan bir çalışma neticesinde; ilköğretimden üniversiteye kadar kullanılma alanına sahip oldukları, akademik başarıyı ve kavram öğrenimini olumlu şekilde arttırdığı görülmüştür. Ayrıca sanal ortamların keşfedici, yapıcı ve gerçek yaşamdaki olayların özelliklerini ayrıntılarıyla sunan bir yapısı olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir deyişle öğrenciler, sanal ortamda tasarladıkları kendi düşünce ürünlerini paylaşabilme imkânına sahip olmaktadır (Moshell ve Hughes, 2002). Karagöz ve Özdener (2007) ve Bozkurt (2008) fizik öğretiminde simülasyon deneyleri sayesinde, öğrencilerin hem daha kısa sürede öğrenim gerçekleştirdiklerini hem de derse karşı ilgilerinin arttığına dikkat çekmişlerdir. Ayrıca ortaöğretim fizik derslerinde, sanal laboratuvar programı kullanımının, öğrencilerin akademik başarılarını arttırdıklarını göstermişlerdir.

Fizik öğretmeni adayları ile diyot deneyleri üzerinde yapılan bir çalışmada; sanal laboratuvar destekli deney grubunun, sadece sanal laboratuvar programı kullanan ve hiç kullanmayan gruba göre akademik başarılarının anlamlı derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Sanal laboratuvar programı kullanan öğrenciler, gerçek laboratuvar ortamına girmeden önce deneyler üzerinde ön bilgi sahibi ve veri toplama imkânına sahip olabilmektedirler. Sanal laboratuvar ve gerçek fizik laboratuvar yöntemlerinin birleştirilmesi, laboratuvarda gerek deney yapımını gerekse başarı yönünden olumlu etki sağlamaktadır (Tanel ve Önder, 2010). Benzer bir çalışmada Kukkonen ve diğerleri (2009) ve Koyunlu-Ünlü ve Dökme (2011) ve tarafından ilköğretim 5. ve 7. sınıf öğrencileri üzerinde yapılmıştır. Sadece analojiye dayalı simülasyon kullanan ile sadece gerçek laboratuvar ortamında uygulama yapan gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamasına rağmen, her ikisini birden kullanan deney grubu lehine anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Sanal laboratuvar programlarının kullanımı, öğrencilerin problem çözme yeteneklerini de olumlu bir şekilde etkilemektedir (Hodge, 2000; Oidov ve diğ., 2012). Malloy'un (2001) Utah Üniversitesinde Fen ve İstatistik derslerini alan öğrencilerle yaptığı

çalışmada, web ortamında oluşturulan bir sanal laboratuvar programı kullanılmıştır. Uzmanlar tarafından araştırma odaklı bir alan oluşturulmuş, böylece öğrencilere gerçekçi bir şekilde dersle ilgili konuları simüle edebilme ve online ortamda çalışabilme olanağı sağlanmıştır. Bu ortamda öğrenciler, bir kütüphaneye ulaşabilme, teorik konuları tekrar gözden geçirebilme, konuyla ilgili bilimsel bulmacalara, laboratuvar ortamına ulaşabilme, bir çalışmayı tasarlayabilme, verileri toplayıp analiz edebilme ve bunlarla ilgili bir rapor yazabilme olanaklarına sahip olmuşlardır. Bu çalışma ortamında, öğrencinin yapmış olduğu tasarım ve veri analiz sonuçları derecelendirilip, bir veri tabanına kaydı yapılmıştır. Elde edilen veriler, eğitmen veya öğrenci tarafından istenildiğinde tekrar çağrılıp kullanılabilmekte ve diğer öğrencilerin incelemesi için paylaşıma açılabilmiştir. Tüm bu çalışma sonucunda öğrencilerin, araştırmaya olan ilgilerinde artış olduğu ve bir öğretmenin birebir eğitimde verebileceğinden çok daha fazla bilgiye sahip oldukları gözlenmiştir. Ayrıca sanal laboratuvar deneyleri, öğrencilere deneysel araştırma metodolojilerini vurgulayan buluş merkezli düşünmeyi öğretebilmektedir. Fatt (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, Tasarım ve Teknoloji okulundaki öğrencilere simülasyon ortamında probleme dayalı eğitim verilmiştir. Çalışma sonucunda öğrenciler, karşılaştıkları sorunlar üzerine akıl yürütebildikleri ve daha fazla araştırma yaparak kalıcı bir öğrenme sağlayabildikleri görülmüştür. Ayrıca sanal laboratuvar programlarıyla çalışan öğrenciler, dersten daha fazla zevk almakta, motivasyon ve ilgileri artmakta ve derse katılımları daha fazla olmaktadır (Bowmann, 2002; Gündüz, Baykan ve Yıldız, 2007; Mosterman ve diğ., 1994; Oidov ve diğ., 2012; Sommer, 2003).

Özet olarak sanal laboratuvar programları öğrencileri derse motive eden, araştırma yapmaya yönlendiren, yaratıcılığı geliştiren ve öğrenme merakını tatmin edebilen üst düzey simülasyonlardır. Ayrıca kavramsal öğrenmeyi arttırdığını da belirten araştırmalar mevcuttur (Aravind ve Heard, 2010; Oidov ve diğ., 2012; Sokoloff ve Thornton, 1997). Öğrencilerin alternatif kavramlarını bilimsel kavramlara dönüştürmek için de kullanıldığından (Tambade ve Wagh, 2011), akademik başarılarının arttığı görülmektedir (Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Hodge, 2000; Karagöz ve Özdener, 2007; Özdener, 2005; Tanel ve Önder, 2010).

Mevcut çalışmalar incelendiğinde, araştırmanlarda daha çok sanal laboratuvar programlarının gerçek fizik laboratuvar uygulamalarından önce öğrencilere uygulama ortamının sağlanmasında kullanılması önerilmektedir (Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Biel, Vento ve Costa-Castelló, 2010; Jaakkola ve Nurmi, 2008; Kukkonen ve diğ., 2009; Özdener ve diğ., 2005; Tatlı ve Ayas, 2012).

2. 3. 1. 2. Sanal Laboratuvarlarının Fizik Öğretiminde Kullanımına Yönelik Yapılan Çalışmaların Metodolojileri

Sanal laboratuvar programlarının fizik derslerinde kullanımına yönelik yapılan çalışmaların metodolojileri, üç grupta ele alınabilir:

1. Eğitim ve öğretimde kullanılacak sanal laboratuvar programlarında bulunması gereken özellikler ve oluşturma yöntemleri (Biel, Vento ve Costa-Castelló, 2010; Domingues, Rocha, Dourado, Alves ve Ferreira, 2010; Harms, 2000; Karagöz ve Özdener, 2010; Lee ve Law, 2001; Moshell ve Hughes, 2001; Oral, 2005; Shin, Yoon, Tekdal, 2002),
2. Başkaları tarafından geliştirilmiş bir sanal laboratuvar programının eğitim öğretimde kullanılması (Aravind ve Heard, 2010; Baser, 2006; Karagöz, 2006; Karagöz ve Özdener, 2007; Karamustafaoğlu, 2005; Kukkonen ve diğ., 2009; Tarekegn, 2005),
3. Sanal laboratuvar programının araştırmacılar tarafından geliştirilip, öğretimde uygulanması ve denenmesi (Biel, Vento ve Costa-Castelló, 2010; Bozkurt ve Sarıkoç, 2008; Christian, 2001; Koyunlu-Ünlü ve Dökme, 2011; Michelet ve diğ., 2007; Mosterman ve diğ., 1994; Oidov ve diğ., 2012; Silbar, Mead ve Williams, 1999; Tambade ve Wagh, 2011; Tatlı ve Ayas, 2012; Vıdaurre, Rıera, Gıme´ Nez ve Monsorıu, 2001). Bu türün diğerlerinden farkı; araştırmacıların çalışmalarında kullandıkları sanal laboratuvar yazılımlarının, uygun hedef ve içerik doğrultusunda hem araştırmacılar tarafından hazırlanması hem de öğrenciler üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, sanal laboratuvar programlarını fizik derslerinde kullanım amaçlarına göre iki grupta inceleyebiliriz:

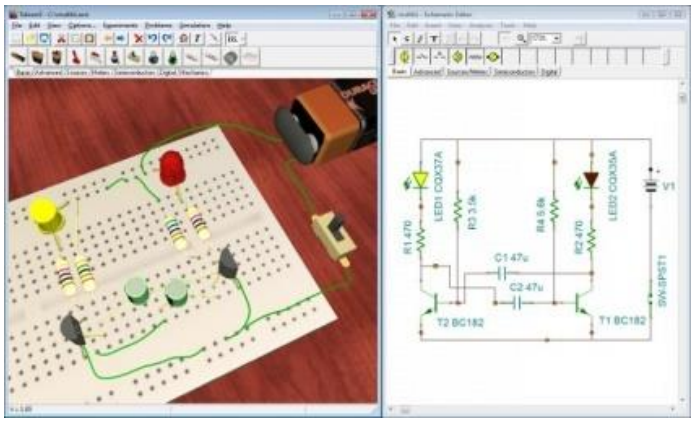
1. Gerçek laboratuvar deneylerine hazırlık ve destek olma (Adegoke ve Chukwunenye, 2013; Bayrak, Kanlı ve Kandil, 2007; Finkelstein ve diğ., 2005; Jaakkola ve Nurmi, 2008; Kocijancic ve O'Sullivan, 2004; Koyunlu-Ünlü Dökme, 2011; Kukkonen ve diğ., 2009; Özdener ve diğ., 2005; Tanel ve Önder, 2010).
2. Gerçek laboratuvar uygulamalarının yerini alma (Christian, 2001; Karagöz ve Özdener, 2007; Karamustafaoğlu, 2005; Michelet ve diğ., 2007; Oidov ve diğ., 2012). Christian (2001) tarafından yapılan çalışmada, fizik öğretiminde kullanılmak üzere Java programında yapılmış "Physlet" isimli yazılım paketi tanıtılmıştır. Benzer yazılımları geliştirmek için öğrencilerin bir araç olarak kullanılabileceğini belirtilmiştir. Böylelikle kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda daha etkili sanal laboratuvar ortamları oluşturulabileceğine dikkat çekilmektedir.

Tatlı ve Ayas (2012) tarafından yapılan çalışmada, yapılandırmacı öğrenme ortamlarında sanal laboratuvar programlarının kullanımının etkileri araştırılmıştır. Araştırma boyunca deney ve kontrol gruplarının dersleri ve laboratuvar etkinlikleri videoya çekilmiştir. Öğrencilerle yapılan mülakat ve gerçek fizik laboratuvar ortamındaki performansları gözlemlenerek karşılaştırma yapılmış ve deney grubu lehine anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Araştırma sonucunda, öğretim ortamının ve yönteminin öğretmenden daha etkili olduğu ön plana çıkmıştır.

2. 3. 1. 3. Elektrik Konusunun Öğretimi İçin Kullanılan Sanal Laboratuvar Programları

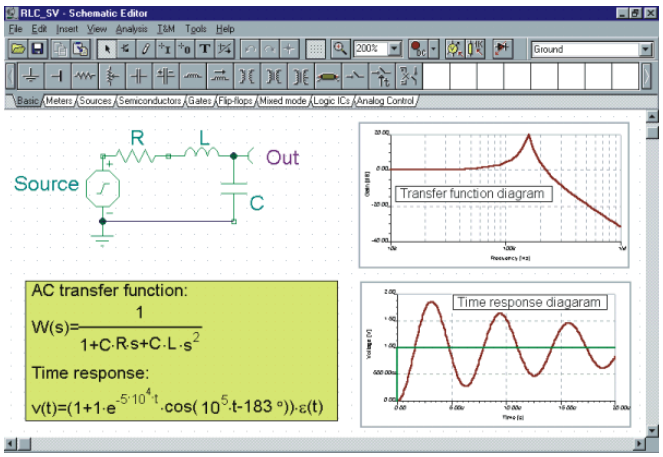
Elektrik konusuna yönelik dünyada en çok kullanılan sanal laboratuvar programları, özellikleri, kullanım amaçları ve yapılan çalışmalar boyutunda aşağıdaki başlıklar altında ele alınmıştır:

Edison: Designsoft firması tarafından üretilen, ortaöğretim ve yükseköğrenim fizik programlarındaki “Elektrik-Elektronik” konuları için laboratuvar ortamı sağlayan ücretli bir programdır. Program, bir bilgisayar ağı üzerinde aynı anda çoklu kullanıcıyla çalışma imkânı sağlamaktadır. Kullanıcı, programdaki nesneler arasından, istediğini fare yardımıyla seçip, ekranın sağ tarafındaki deney ortamına taşıyabilmekte ve istediği ayarı (döndürme, değerini değiştirme) yaparak istediği gibi nesneleri birleştirebilmektedir. Oluşturulan deney düzenekleri; ses, ışık, gibi gerçek yaşamdaki özellikleri taşımaktadır. Ayrıca deney düzeneklerinin grafikleri de (enerji-zaman, akım-gerilim, gibi) çizilebilmektedir. Program kullanıcıya, deneyleri nasıl oluşturacağına yönelik animasyonlar sunmakta, örnek deney ve problem setleri ile çalışabilme imkânı da tanımaktadır. Gelişen teknolojiye paralel olarak program, 3-boyutlu görüntü efektine de sahiptir. Kullanıcıya sınırsız deney yapma, bunları kayıt edebilme imkânı sağlamaktadır. Oluşturulan devrelerin hem grafiksel hem de gerçek bir fiziki ortamla olan benzerlikleri gözlemlenebilmektedir (www.designwareinc.com/edison). Özellikle ortaöğretim ve üniversite öğrencileri üzerinde kullanılması önerilmektedir (Özdener ve diğ., 2005). Fakat elektrik ve manyetizma ile ilgili tüm konuları (direncin nelere bağlı olduğu gibi) kapsamamaktadır.



Şekil 3. Edison5 programına ait ekran görüntüsü

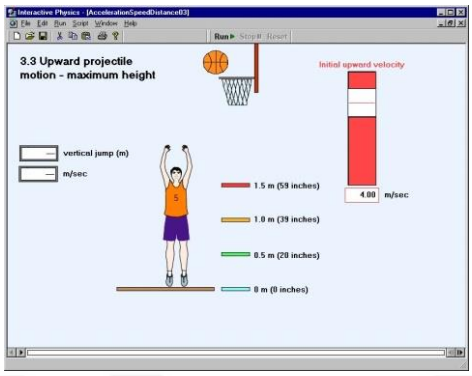
Tina Pro: Designsoft firması tarafından üretilen ve elektrik konusu için sanal laboratuvar ortamı sağlayan ücretli bir programdır. Bu programın da Edison gibi ortaöğretim ve üniversite öğrencileri üzerinde kullanılması önerilmektedir. Edison programına göre daha fazla elektriksel sembol, içerik ve fonksiyonelliğe sahip olduğundan dolayı üniversitelerin özellikle elektrik ve elektronik mühendisliği bölümlerinde oldukça sık kullanılmaktadır. Bilgisayar ortamında Elektrik ve Elektronik konularıyla ilgili deney yapabilme imkânı sağlamaktadır. Ancak nesneleri sadece sembolik olarak kullanılabilme imkânı tanıyan programın, konuya yeni başlayan kişilerin işini zorlaştırabileceği düşünülmektedir (www.designwareinc.com/tina.htm). Genellikle üniversitelerde kullanılsa da ortaöğretimde de kullanıldığı görülmüştür.



Şekil 4. Tina Pro programına ait ekran görüntüsü

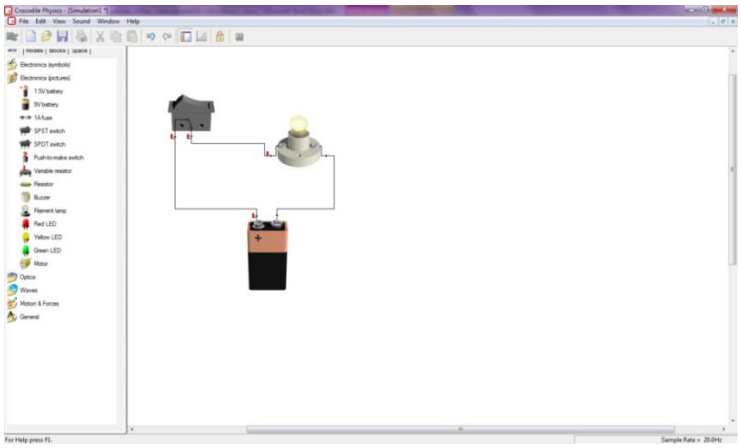
Interactive Physics: Singapur'daki MTL System Pte Ltd firması tarafından geliştirilen ücretli program, özellikle ortaöğretim fizik dersi için birden çok konu (mekanik, kinetik, elektrik, manyetizma, dalgalar, iş ve enerji gibi) üzerinde çalışma olanağı sunmaktadır. Program ilk ve ortaöğretimde kullanım için oldukça uygun olup, oluşturulan

deney düzeneklerini çalıştırarak grafikleriyle birlikte, sonucunu da gösterebilmektedir (http://www.interactivephysics.com.sg/). Özellikle ortaöğretim ve kolejlerde kullanılması önerilmektedir (Karamustafaoğlu, Aydın ve Özmen, 2005).



Şekil 5.Interactive Physics programına ait ekran görüntüsü

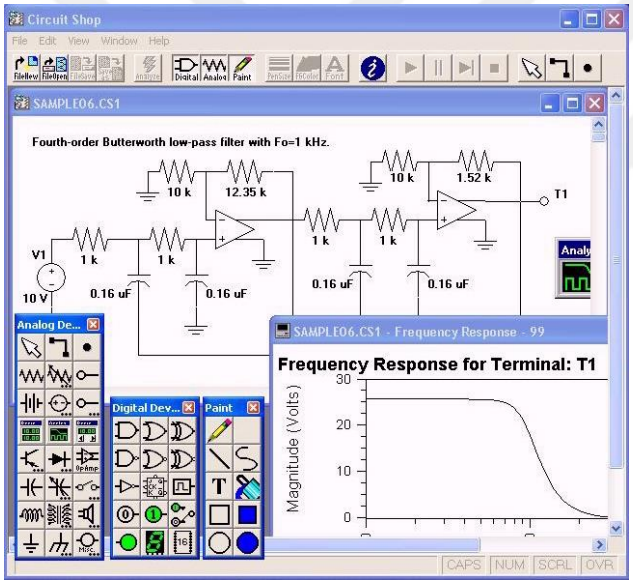
Crocodile Physics: İngiliz Crocodile Clips Ltd. firması tarafından oluşturulan fizik konuları (kuvvet, hareket, elektrik, dalga ve optik) için çalışma imkânı sunan ücretli bir sanal laboratuvar programıdır. Kullanıcıya üç boyutlu nesnelerle istediği devreyi kurabilme, kaydetme, grafiğini oluşturma ve matematiksel analiz imkânı sunmaktadır. Ayrıca örnek ders içerikleri, deney setleri sunması bakımından da hem öğretmenler hem de öğrenciler için kullanımı kolaydır (http://www.crocodile-clips.com/). İlköğretim, ortaöğretim ve üniversitelerde fizik öğretiminde kullanıldığı görülmektedir (Karagöz ve Özdener, 2007).



Şekil 6. Crocodile Physics programının ekran görüntüsü

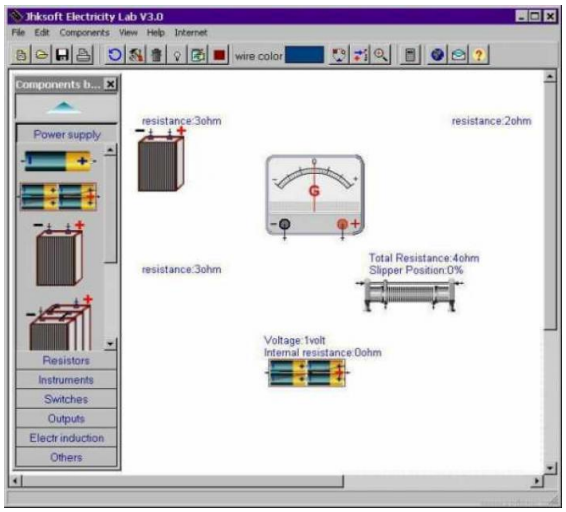
Circuit Shop: Cherrywood Systems firması tarafından üretilen ücretli bir elektronik devre simülasyon programıdır. Program transistor analizi, batarya analizi, akım grafikleri, dijital - analog gösterge paneli vb. birçok elektronik tasarım oluşturma ve analiz imkânı

sağlamaktadır. Programda, 3-boyutlu nesneler bulunmamasına rağmen, dijital ve analog yapıda elektronik devreler kurabilmek mümkündür. Ayrıca dijital osiloskop olarak da kullanılabilmektedir. Programla birlikte verilen eğitim videosu sayesinde basit şekilde analog ve sayısal (dijital) elektronik kavramlar öğrenilebilir. Özel sembol desteği mevcuttur. Yani basit bir boya aracıyla metin, çizgi, oval, dikdörtgen, devre elemanları eklenebilir veya özel simgeler oluşturulabilir. Kütüphane dosyası güncellenebilir. Böylelikle MP3, uydu, radyo, video kaydedici, AV alıcı, DVD, VCR, geniş ekran TV, HDTV, IR remote, RF splitter gibi çeşitli semboller oluşturulabilir. Yapılan çalışmalar yazdırabilir, yazı tipi, kalem boyutu, ön ve arka plan rengi, ölçeklemesi, açı değeri değiştirilebilmektedir (http://www.cherrywoodsystems.com/cshop1.htm). Elektrik nesnelerinin daha çok sembolik görünmesi, çeşitliliği ve daha ayrıntılı analiz sunması bakımından yükseköğretimde kullanılması önerilmektedir.



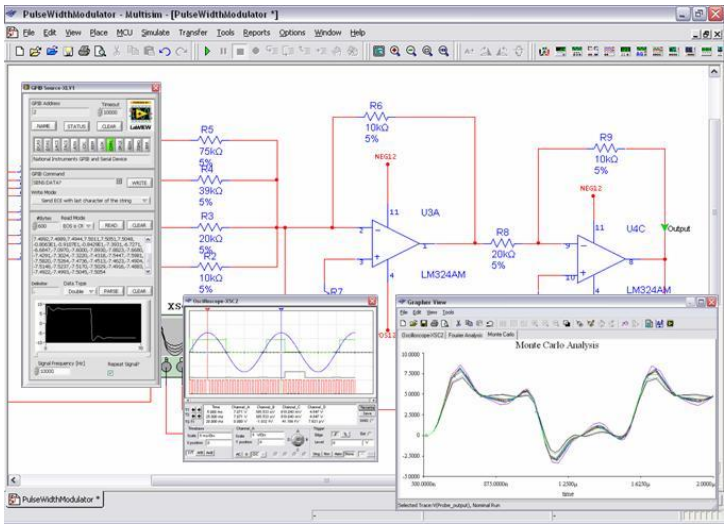
Şekil 7. Circuit Shop programına ait örnek bir ekran görüntüsü

JHKSOFT Electricity Lab: Nanjıng Jhksoft Corp. firması tarafından elektrik konusunda kullanılmak üzere geliştirilen ücretli programdır. Firma tarafından fizik, matematik, kimya, dijital ve elektrik gibi birçok konu için sanal laboratuvar ortamı tasarlanmıştır. Görsellik ön planda tutulmaya çalışılmıştır. Genellikle ortaöğretim fizik derslerinde uygulanan programın kullanımı kolay ve kullanıcıya istediği deneyi sunma, binlerce deney bileşeniyle birlikte etkinlik oluşturma imkânı sağlamaktadır. (http://www.easy-edu.com/english).



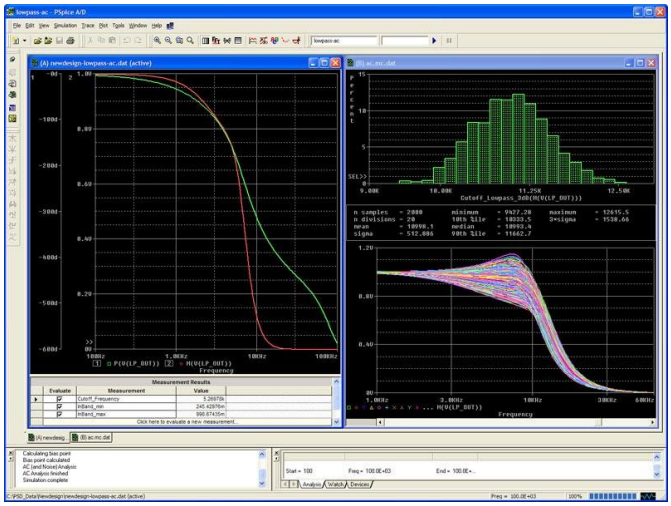
Şekil 8. JHKSOFT Electricity Lab programına ait örnek bir ekran görüntüsü

Elektronics Workbench (EWB): Merkezi ABD'de bulunan ve 40'ın üzerinde ülkede kullanılan ve NI (National Instruments) firması tarafından üretilen ücretli bir programdır. Programın yeni versiyonlarında "NI Multisim" ismi kullanılmaktadır. Programda şematik olarak görünen nesneler istenen şekilde yerleştirebilir, sonuçları grafiksel olarak görülebilir. Ülkemizde, mühendislik ve fizik alanlarında en çok kullanılan programların başında yer almaktadır. Liseden üniversiteye kadar birçok farklı gruba elektronik eğitiminde kullanılabilmektedir. Program, tek kullanıcılı olmasının yanında küçük (10 kişilik) veya büyük (25 kişilik) gruplarla da birlikte çalışma olanağı sunmaktadır. Programın doğru bir şekilde kullanılabilmesi için elektroteknik, analog ve dijital elektronik, kontrol teorisi, sinyaller ve sistemler gibi alanlarda belirli bir düzeyde bilgi sahibi olunması gereklidir (www.electronicsworkbench.com).



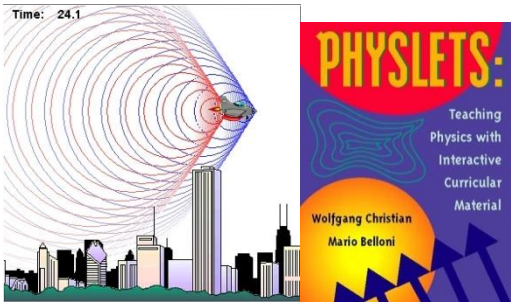
Şekil 9. Elektronics Workbench programına ait örnek bir ekran görüntüleri

Pspice: SPICE (Simulation Program for Integrated Circuits Emphasis) elektronik devreleri bilgisayar ortamında simüle etmek için yazılmış bir programdır. PSPICE ise 1985 yılından itirbaren Cadence/Orcad firmasının Windows tabanında çalışan, bilgisayar destekli tasarım ve simülasyon programıdır. Bilgisayar destekli tasarımın veya elektronik devrelerin bilgisayar ile simüle edilmesinin sağladığı en büyük yarar, tasarımcının laboratuvar ortamında elde etmesinin imkânsız olduğu sonuçların simülasyon ile kolayca görülebilmesidir. Pspice'ın ayrıcalıkları geniş kütüphaneye sahip olması, iyi tasarlanmış ara yüzü ve en önemlisi birçok simulasyonu barındırması olarak sıralayabiliriz. EWB'den daha uzun süredir piyasada olmasına rağmen onun kadar grafik ara yüzü geliştirilmemiştir. California üniversitesi tarafından geliştirilmiş bir elektronik devre benzetim programıdır. Programa girişte "netlist" olarak adlandırılan metin tabanlı dosyaları kullanır. Netlist, devredeki elemanlarla birlikte, çeşitli model tanımlamalarını, benzetim tiplerini, ölçüm noktalarını, başlangıç şartlarını ve aritmetik işlemleri de içerebilir. Pspice ile yüksek-frekans sistemlerinden, düşük-güç IC tasarımlarına kadar tüm gerçek analog, dijital simülasyonlar gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 10). Kullanıcılar tarafından oluşturulan tasarımlara ait yeni kütüphaneler oluşturulabilmesine veya mevcut kütüphanelerin kullanılmasını sağlar. Ayrıca analog veya dijital analiz sonuçları aynı pencere içinde aynı koordinat sistemlerinde gözlemlenmektedir. Türkiye'de özellikle yükseköğretimde ve mühendislik eğitiminde kullanılmaktadır.



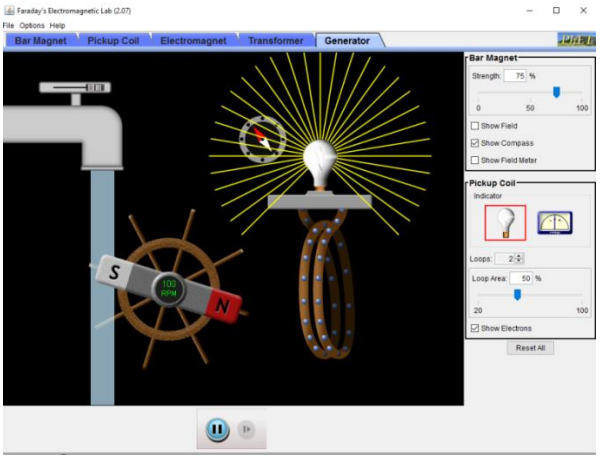
Şekil 10. Pspice programına ait örnek bir ekran görüntüsü

Physlets (PHYSics appLETS (PHYSLETS): Davidson Üniversitesinde çalışan Wolfgang Christian tarafından geliştirilmiş, web ortamında çalışan java uygulamalarıdır. Ortaöğretim ve yükseköğretim sürecinde kullanılmaktadır (Titus ve Dancy, 2000) (http://vnatsci.ltu.edu/s_schneider/physlets/main/).



Şekil 11. Physlets programına ait örnek bir görüntü

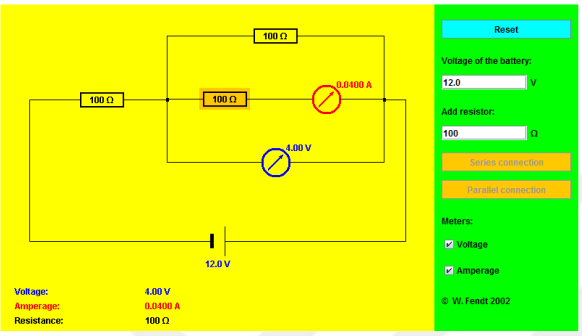
PhET: ABD'deki Kolorado Üniversitesi'ndeki Fizik Eğitimi Araştırma (PER) grubu tarafından hazırlanmış simülasyon programlarıdır. Mekanikten, elektrik ve termodinamiğe kadar birçok fizik konusuyla ilgili deney ortamları vardır. "http://phet.colorado.edu/" adresinden ücretsiz olarak indirilip kullanılabilir. Programda tıkla ve sürükle kullanımı, kaydırma ve radyo butonları gibi grafiklerin ve sezgisel kontrollerin kullanımında canlandırma yapabilmektedir. Daha fazla nicel araştırmaya teşvik etmek için benzetimlerde cetvelleri, kronometreleri, voltmetreleri ve termometreleri de içeren ölçüm cihazlarına yer verilmektedir. Kullanıcı bu etkileşimli araçları yönettiği için yanıtlar anında canlandırabilmektedir. Böylece sebep-sonuç ilişkileri ile çoklu bağlantılı gösterimleride etkili bir şekilde gösterilmektedir (nesnelerin hareketi, grafikler, sayı okumaları vb.). Birçok araştırmada (Kukkonen ve diğ., 2009; Tarekegn, 2009), gerçek bir sanal laboratuvar yerine bilgisayar destekli bir araç olarak kullanılmıştır (Şekil 12). Günümüzde bu simülasyonların MEB tarafından ortaöğretim derslerinde kullanılması için FATİH projesi kapsamında akıllı tahtalara vetabletlere yüklenilmesi, derslerde kullanılması önerilmektedir (http://phet.colorado.edu/).



Şekil 12. PhET programına ait örnek bir ekran görüntüsü

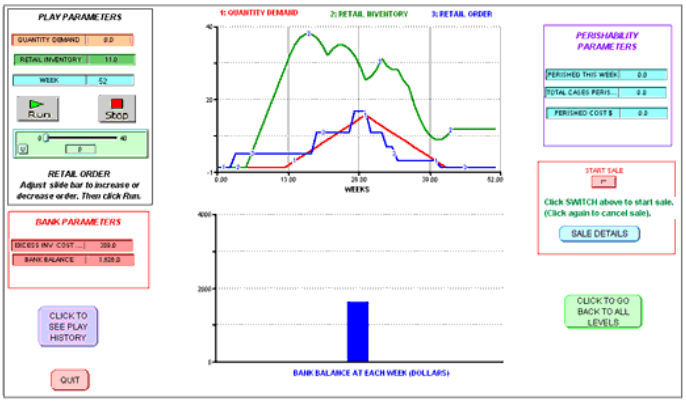
Java Applets: Sanal laboratuvar programlarını geliştirmek amacıyla en sık kullanılan ve internet ortamında da kolaylıkla çalışan Java programı kullanılarak geliştirilen

sanal laboratuvar programlarıdır. Diğer yazılımlara göre daha basit düzeyde kalan bu ortamlar, belirli bir olayı en temel haliyle anlatmak için tasarlanan, kullanımı kolay yazılımlardır. Genelde iki boyutlu ve diğer programlara göre daha basit görünüme sahiptir. Birçok araştırmacı tarafından oluşturulan ve kullanılan ücretsiz programlardır. Bu yazılımda grafik ve kullanışlılık açısından doğruluk sağlansa da konular arasında bütünlük sağlamak zordur. Anlatılacak konuyla ilgili her bir alt başlık ayrı ayrı dosyalarla verilmektedir. Genellikle kullanıcı sadece belirli bir hedef için aynı deneyi farklı değerlerle yaparak sonuçları görebilmektedir (Şekil 13).



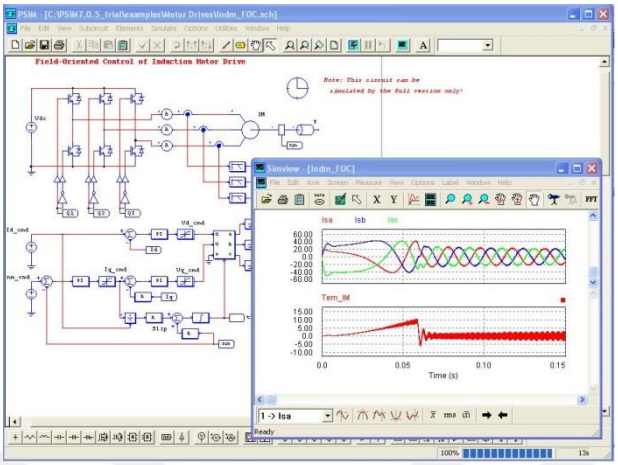
Şekil 13. Java programında elektrik konusu için tasarlanmış örnek bir simülasyonun ekran görüntüsü

Stella (System Thinking Educational Learning Laboratory with Animation): Stella, sistemdeki değişkenlerin nicel etkileşimlerini gözlemlemeyi, sistemin çatısını ve grafiksel ara yüzünü kolay anlamayı sağlayan, stok (stock), akış (flow), ara değişken (converter) ve bağlayıcı (connector) elemanlarından oluşan bir benzetim geliştirme ve uygulama programıdır. Değişkenleri ve sebep-sonuç ilişkilerini şekillerle gösterirler ve model denklemlerini üretirler. Program çalıştırıldığında, sonuç tablolarını ve sistemin davranışının zamana bağlı değişimini gösteren grafikleri verir (Tekdal, 2002). Genellikle ilköğretim öğrencileri için önerilmektedir (Brown, 1992; Forrester, 1996) (http://www.iseesystems.com/community/downloads/EducationDownloads.aspx).



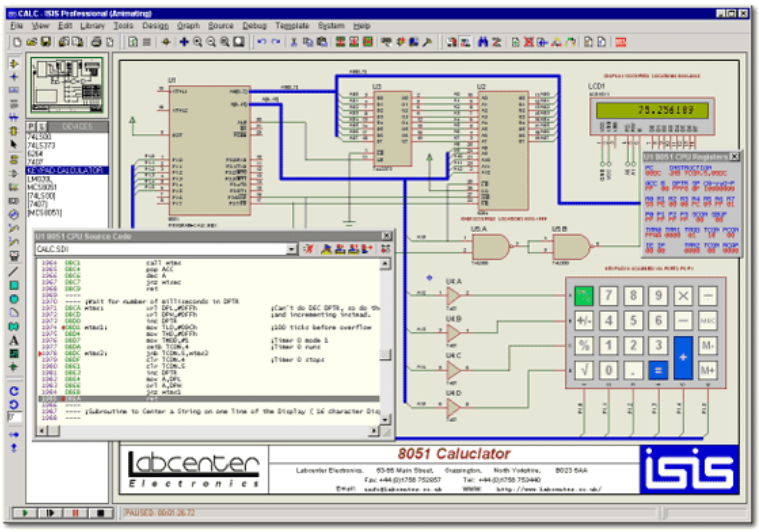
Şekil 14. Stella programına ait örnek bir ekran görüntüsü

PowerSim: Norveç'teki bir firma tarafından üretilen ücretli programdır. Üniversite öğrencileri için kullanılması önerilmektedir (www.powersim.com).



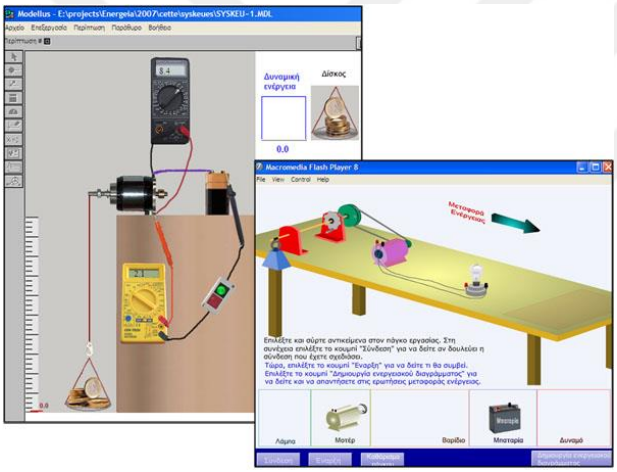
Şekil 15. PowerSim programına ait örnek bir ekran görüntüsü

Proteus Elektronik Devre Tasarım ve Baskı Devre Programı: İngiltere'de bulunan Labcenter Electronics isimli firma tarafından üretilen ücretli yazılımdır. Baskı devre çizimi, elektrik, elektronik devre şeması hazırlamak ve bu devreleri simüle etmek amacı ile kullanılır. İsis (şema çizim) ve Ares (baskı devre çizim) alt programları olmak üzere iki modülden oluşmaktadır. İsiste elektronik devre çizim işlemini gerçekleştirirken, bunun yanında devrenin analizi de yapılabilmektedir. İsiste çizilmiş bir devre aynı zamanda Ares'e aktarılarak çizimleri otomatik olarak baskı devre çizimi şeklinde gerçekleştirilmektedir (http://www.labcenter.com/index.cfm).



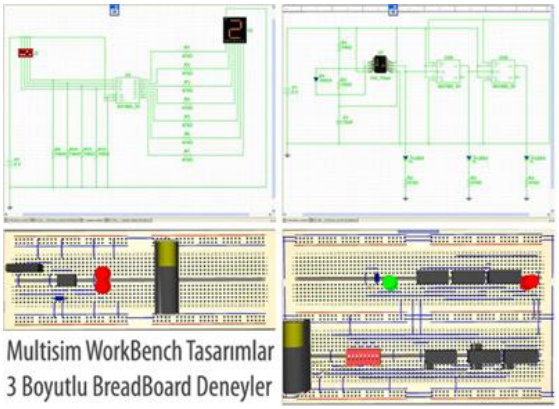
Şekil 16. Proteus programına ait örnek bir ekran görüntüsü

Modellus: Öğrencilere ve öğretmenlere kavramsal deneyleri matematiksel modellerle sunan bir bilgisayar programıdır. 1990'lı yılların başında ilk olarak tasarlanmış daha sonraki yıllarda hem grafiksel hem de fonksiyonel olarak geliştirilmiş ve birçok çalışmada kullanılmıştır (Mellar ve diğ., 1994; Mello, 2011; Perkins ve diğ., 1995; Teodoro, 2008). Teodoro (1998, 2008) ve öğrencileri tarafından tasarlanan yazılım, fizik derslerinde kullanılmak amacıyla geliştirilmiştir. Yazılım, öğrenci etkileşim yollarını (keşfetme ve anlamlandırma) ve (simülasyon ve modelleme) etkinliklerinin her ikisini de sunmaktadır. Kullanıcıya eş zamanlı olarak çoklu kavramsal deneyleri gözlemleme imkânı tanıyan bilişsel modellerdir. Günümüzde daha çok etkinliklerin öğretiminde kullanılmaktadır. Bu yazılımın öğrencilerin problem çözme ve kavramları öğrenme sürecinde destekleyici olduğu ve derse karşı ilgilerinin arttığı tespit edilmiştir (Araujo ve diğ., 2008; Teodoro, 2008).



Şekil 17. Modellus programının ekran görüntüsü

Çizgi-Tagem: Türkiye'de internet üzerinden ücretsiz ders veren bu sitede birçok konuda sertifikalı uzaktan eğitim dersleri sunulmaktadır. Sayısal devreler eğitimi MIT Üniversitesi, "http://www.allaboutcircuits.com/" ve İstanbul Teknik Üniversitesi Sayısal Elektronik derslerinden tercüme ve derlemedir. "WorkBench" tasarım programları kullanılmaktadır. Kullanıcıya 3 boyutlu BreadBoard üzerinde deney oluşturabilme imkânı sağlamaktadır (Şekil 18) (http://www.cizgi-tagem.org/).

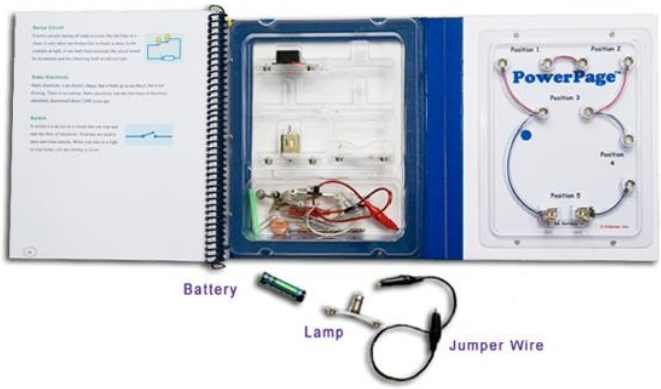


Şekil 18. Çizgi-Tagem sitesindeki bir sanal laboratuvar ekranından görünüm

Virtual Labs Electricity DL: Merkezi ABD Boston'da olan firma tarafından geliştirilen ve ilköğretim öğrencileri için fizik deneyleri yapma imkânı sunan ücretli programdır. Kullanıcılar, elektrik devre elemanlarının gerçeğe benzer grafiklerini kullanarak deney oluşturabilmekte ve ayrıntılarıyla inceleme yapabilmektedir (Şekil 19) (http://www.hmhinnovation.com/Edmark.php).

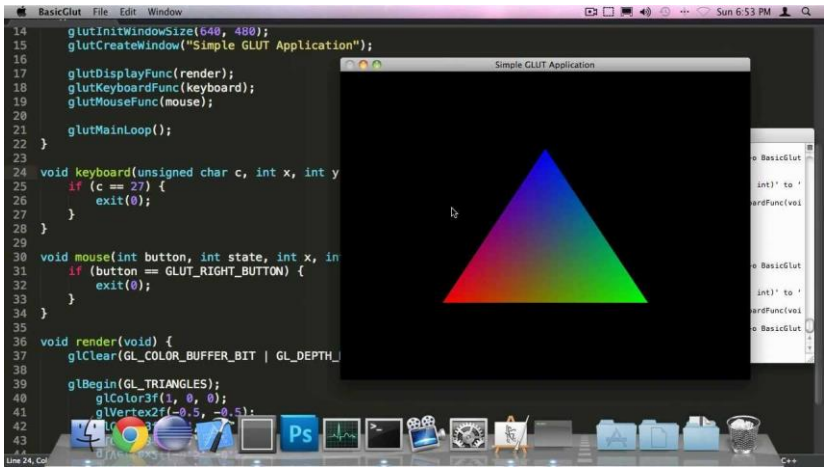
Şekil 19. Virtual Labs Electricity DL programından örnek bir ekran görünümü

Electric Circuits Kitbook (Elektrik Devreleri Kitabı): İlköğretim öğrencileri için geliştirilen ve bir kitap şeklinde olan hem öğretici ders materyalleri hem de uygulama yapabilecekleri basit elektrik malzemeleri bulunmaktadır. Tennessee fen standartlarına göre hazırlanan bu test, öğrencilerin elektrikle ilgili kavram bilgilerini ölçmeye yarayan oldukça geniş bir alanda çoktan seçmeli sorular içeren uygulamalar sunmaktadır. Aydeniz (2010) tarafından ilköğretim 4. sınıfta öğretim gören 100 öğrenci üzerinde deneysel çalışma yapılmış ve bu kitabı kullanan deney grubunun laboratuvar performanslarının kontrol grubuna kıyasla daha üstün olduğu görülmüştür (Şekil 20).



Şekil 20. Electric Circuits Kitbook (Elektrik Devreleri Kitabı)

Açık Kaynak Kod Uygulamaları: Delphi, C++, Java, C# ve OpenGL (Open Graphics Library, Açık Grafik Kütüphanesi) gibi açık kaynak kodları kullanarak sanal laboratuvar oluşturulabilmektedir. OpenGL, gelişmiş donanım desteğini kullanarak hem iki hem de üç boyutlu grafikleri ekrana çizmek için kullanılan ücretsiz bir grafik uygulama geliştirme arabirimidir. 1992 yılında ilk taslağı geliştirilmiş olan bu standart, günümüzde 4.1 sürümüne ulaşmıştır ve 700 üzerinde fonksiyona sahiptir. Çoklu platform desteği içeren uygulamalar ve özellikle de deneysel ve bilimsel araçlarda açık arayla önde ve standart olarak kullanılmakta olan platform OpenGL'dir. Platformadan bağımsız olarak tüm işletim sistemleri ve birçok kaynak kod ile uyumludur.



Şekil 21. OpenGL uygulamasına ait ekran görünümü

Görüldüğü gibi elektrik konusunun öğretiminde kullanılan sanal laboratuvar programlarının oldukça fazla olduğu dikkat çekmektedir. Araştırmanın amacına uygun olarak ortaöğretim fizik derslerinde kullanılabilecek bir sanal laboratuvar programında bulunması gereken özellikler ve çalışmada kullanılacak yazılımın seçiminde dikkate alınacak özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

2. 3. 1. 4. Sanal Laboratuvarların Fizik Öğretiminde Kullanılmasında Dikkate Alınacak Özellikler

Araştırmanın amacına uygun olarak sanal laboratuvar programlarının fizik öğretiminde kullanımıyla ilgili dikkate alınacak özellikler aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

- Programın kullanımı için gerekli teknolojik alt yapının oluşturulması gerekmektedir. Öğretmen ve öğrenciler kullanım esnasında sorun yaşamamalıdır.
- Araştırmada yer alacak öğretmen ve öğrencilere sanal laboratuvar programının kullanışlılık eğitimi verilmelidir (Aravind ve Heard, 2010; Oidov ve diğ., 2012).
- Sanal laboratuvar kullanımında, öncelikle animasyon ve etkileşimin az olduğu uygulamalardan başlanılmalıdır (Oidov ve diğ., 2012).
- Sanal laboratuvarlardan daha iyi bir sonuç elde edebilmek için gerçek deneylerle birlikte kullanılmalıdır (Oidov ve diğ., 2012).
- Öğrencilerin sanal laboratuvar programlarını kullanırken kendi başlarına istedikleri deneyleri yapabilmeleri ve programı serbestçe kullanabilmeleri için süre verilmelidir.
- Öğrencilere dersin hedeflerinden, yapılacak etkinliklerden ve işleniş biçiminden bahsedilmelidir.
- Derste kullanılacak sanal laboratuvar programı ile hazırlanmış deney düzenekleri örnek olarak gösterilmelidir.
- Öğrencilere sanal laboratuvar programında gördükleri ve tasarladıkları ortamların gerçeğin daha basite indirgenmiş biçiminde olduğu belirtilmelidir. Olaylarda geçen zamanın gerçek hayattaki zamanla eşdeğer olmadığı belirtilmelidir.
- Sanal laboratuvar programlarının tamamıyla gerçek fizik laboratuvar programlarının yerini almaktan ziyade gerçek fizik laboratuvar programına bir destek olarak kullanılması gerekmektedir (Tanel ve Önder, 2010).
- Öğretim sürecine yönelik ölçme ve değerlendirmede kullanılacak en önemli yardımcı materyaller yazılı kaynaklardır. Fakat bilgisayar ortamında tasarlanan ve kullanıcının serbestçe hareket edebileceği bu bilgisayar programlarında gerçek bir ölçme değerlendirme yapmak zordur (Teodoro, 1998).
- Öğretmenler sanal laboratuvar programlarının kullanımı, ders ile bütünleştirilmesi ve öğrencilerin programı kullanarak yaptıkları çalışmalar hakkında bilinçli olmalıdır (Teodoro, 1998).
- Sanal laboratuvar programları gerçek fizik laboratuvarlardan önce kullanılmalıdır (Koyunlu-Ünlü Dökme, 2011; Kukkonen ve diğ., 2009; Tanel ve Önder, 2010).

- Sanal laboratuvarlar öğrencilere teorik konu ile gerçek olaylar arasındaki ilişkiyi anlamalarında birer köprüdür (Aravind ve Heard, 2010).
- Elektrik konusuyla ilgili olarak kullanılması planlanan sanal laboratuvar programının matematiksel formüller ve analizler içermesi gerekmektedir. Böylelikle öğrenci kendi modelini hem görsel olarak oluşturabilmekte ve sonuçlandırmakta hem de matematiksel sonuçlarını görerek analiz edebilmektedir. Bu durum, öğrenciler için kavram yanılgılarını düzeltmede, öğretmenler için de öğrenciyi değerlendirmede faydalı olabilmektedir (Michelet ve diğ., 2007; Oidov ve diğ., 2012).
- Kullanıcıya belirli kalıplar doğrultusunda uygulama yapma fırsatı sunması yerine; açık kaynak kodlu olup kullanıcıya özgürce çalışma imkânı sunması gerekmektedir (Baser, 2006).
- Benzer konulardaki çalışmalarda daha önceden kullanılması tercih edilmelidir.
- Hedef kitle için uygun olmalıdır (Karagöz ve Özdener, 2010).
- Öğretim programı konularını kapsamalıdır.
- Hedef kitle tarafından kullanışlı olmalıdır (Karagöz ve Özdener, 2010).
- Uygun tasarım özelliklerine sahip olmalıdır (Karagöz ve Özdener, 2010).
- Öğrencilere oluşturdukları deney düzeneklerini değerlendirebilme ve sayısal ölçüm yapabilme becerisi kazandırmaktadır (Oidov ve diğ., 2012).
- Veriyi yorumlamak ve açıklamak için öğrenciler arasında karşılaştırma ve tartışma imkânı sunan bir ortam oluşturmaktadır (Oidov ve diğ., 2012).
- Öğrencilere formülleri ve fiziğin temel kurallarını kendi başlarına yazabilme olanağı sağlamaktadır.

2. 3. 1. 5. Araştırmada Kullanılacak Sanal Laboratuvar Programının Seçimi

Çalışmanın yapılacağı hedef kitle, çalışma konusu ve araştırmanın hedefleri dikkate alınarak kullanılacak sanal laboratuvar programının seçiminde aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmuştur:

- Ortaöğretim öğrencileri için (yaş, kültür, vb.) uygun olması,
- Uygulama yapılacak konunun hedeflerini, içeriğini ve deneylerini kapsaması,
- Fiziksel donanımının kullanışlı olması (Karagöz ve Özdener, 2010),
- Tasarım özelliklerinin (sembol, buton, renk, şekil, vb.) öğretim programı ile uyumlu olması,

- Kullanışlılık açısından hedef kitleye uygun olması (Kullanıcının alışık olduğu standartlara bağlı kalması (Karagöz ve Özdener, 2010),
- Uygun örnek ve etkinlikler (tutoryaller) içermesi,
- Programın daha önceden benzer çalışmalarda kullanılmış ve tercih edilmiş olması,
- Uzmanlar ve öğretmenler tarafından önerilmesi. Daha önce benzer çalışmalarda kullanılıp faydası ispatlanmış olması.

Yukarıda belirtilen nedenler dikkate alındığında araştırmada Edison 5, Crocodile Physics 401 ve Phet sanal laboratuvar programlarının uygun olacağı ön plana çıkmaktadır.

2. 4. Elektrik Konusu İle İlgili Literatür Taraması

Elektrik konusunun öğrenimi ve öğretimi ile ilgili yapılan çalışmaları derinlemesine incelemek amacıyla ilgili çalışmalar, iki farklı ana başlık altında incelenmiştir. Çalışmalar, yapılan bu araştırmaya temel oluşturmak ve ilgili literatüre katkı yapmak amacıyla içerik analizi yapılarak sunulmuştur.

2. 4. 1. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamaları

Elektrik konusu farklı disiplinlerde de, kullanılmasına rağmen; günlük yaşamda bilimsel anlamdan uzak kullanımları göz önüne alındığında, öğrenciler tarafından ilgili kavramlara ilişkin farklı algıların yapılandırıldığı görülmektedir (Ateş ve Polat, 2005; Borges ve Gilbert, 1999; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Osborne, 1981, 1983; Osborne ve Freyberg, 1985; Shipstone, 1985). Öğrencilerin elektrik devreleri konusuna ait kavramlara ilişkin mevcut algılamalarını ortaya çıkarmak üzere pek çok çalışma yapıldığı dikkat çekmektedir (Asami ve diğ., 2000; Azaiza ve diğ., 2006; Borges ve Gilbert, 1999; Chen ve Kwen, 2005; Chiu ve Lin, 2005; Cohen ve diğ., 1983; Cokelez ve Yurumezoglu, 2009; Çepni ve Keleş, 2006; Çıldır ve Şen, 2006; Dilber ve Düzgün, 2003; Duit ve Rhöneck, 1997; Frederiksen ve diğ., 1999; Günbatar ve Sarı, 2005; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Küçüközer ve Demirci, 2008; Lee ve Law, 2001; Millar ve King, 1993; Shepardson ve Moje, 1994; Sencar ve Eryılmaz, 2002, 2004; Yuksel, 2011). Bu konuyla ilgili yapılmış çalışmaların bazılarında (Cokelez ve Yurumezoglu, 2009; Eylon ve Ganiel, 1990; Osborne, 1983; Shipstone, 1985; White ve

Frederiksen, 1987) yaşa, bazılarında (Jaakkola ve Nurmi, 2008; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Osborne ve Freyberg, 1985; Tambade ve Wagh, 2011) ise öğretim yöntemine bağlı olarak kavram yanılgılarının giderildiği belirtilmektedir.

Elektrik devreleri ile ilgili kavramların öğrenciler tarafından algılanma düzeylerine yönelik olarak literatürde ulaşılan çalışmalar metodoloji (örneklem, veri toplama analizi), temel bulgular ve öneriler kategorilerinde analiz edilmiştir. Bu kapsamda sunulacak analiz sonuçları, belirtilen kategoriler dikkat alınarak tablolaştırılmıştır (Tablo 3).

2. 4. 2. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Gerekçeleri

Elektrik konuları ilköğretimden üniversiteye kadar, hatta meslek sahibi olduklarında dahi bireylerin kavram yanılgılarına ve öğrenme güçlüklerine sahip oldukları bir konu olarak görülmektedir (Ateş ve Polat, 2005; Borges ve Gilbert, 1999; Cokelez ve Yurumezoglu, 2009; Jabot ve Henry, 2007; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Narjaikaew, 2012; Osborne, 1981,1983; Osborne ve Freyberg, 1985; Shipstone, 1985). Ayrıca birçok içsel kavramsal zorluklar da içermektedir. Bu nedenle, konunun öğrenimi ve öğretimi alanında yapılmış çalışmaların çokluğu dikkat çekmektedir (Narjaikaew, 2012). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, elektrikle ilgili kavramlara günlük konuşma dilinde ve fizikteki bilimsel açıklamaları arasında farklı anlamlar yüklendiği vurgulanmaktadır (Duit ve Rhöneck, 1997). Elektrikle ilgili temel kavramların anlaşılması ve öğretilmesi ile ilgili yapılan bu çalışmada öğrencilerin, elektrik akımının pilde depo edildiği ve ampul tarafından tüketildiği düşüncesine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Cohen ve diğerleri (1983) tarafından yapılan bir çalışmada, öğrencilerin potansiyel farkını, akımın bir nedeni değil de sonucu gibi algıladıkları, ayrıca devrede yapılan bir değişikliğin diğer devre elemanları üzerindeki etkilerini anlamakta zorlandıkları belirtilmiştir. Benzer olarak Chen ve Kwen'in (2005) 9-10 yaş grubu öğrencileriyle yaptıkları çalışmada, öğrencilerin elektrik ve elektrik akımı kavramlarını karıştırdıkları belirlenmiştir. Bu çalışmada, öğrencilerin elektrik akımının devreden akarken tüketildiği düşüncesine sahip oldukları görülürken, öğrencilerinsadece%15'inin akımın korunduğu fikrine sahip oldukları tespit edilmiştir.

McDermott ve Shaffer'ın (1992) yaptıkları çalışmada, elektrik devreleri konusunda öncelikli olarak direnç ve güç kaynakları üzerinde çalışmışlardır. Öğrencilerden gerçek bir devre üzerinde lambaların parlaklıklarını tahmin etmeleri ve daha sonra devrenin analizi için formüle etmeleri istenmiştir. Birçok öğrencinin bu konuda zorluk çektikleri görülmüştür. Çalışma sonucunda, öğrencilerin zorlandığı konular; 1) elektrik devreleri için belirlenen

kavramların uygulamalarında yetersizlik, 2) elektrik devrelerini açıklamada yetersizlik, 3) elektrik akımının davranış ve nedenlerini açıklamada yetersizliktir. Shaffer ve Mcdermott'ın (1992) aynı yıl yaptıkları ikinci çalışmada, ilk araştırmanın sonuçlarının geleneksel öğretim ortamlarına nasıl uyarlanabileceği açıklanmıştır. Sınıf içerisinde belirlenen görevleri tespit ve test etmek için özel öğretim stratejilerinden faydalanılmıştır. Çalışmada, öğrencilere üreteç ve lamba kullanarak elektrik devresi oluşturmak için deneyler yapma imkânı sunan laboratuvar destekli bir öğretim programı geliştirmiştir. Uygulama sürecinde birçok öğrencinin materyalleri, kullanmakta zorluk çektiği tespit edilmiştir. Ayrıca geliştirilen laboratuvar destekli öğretim programının uygun olmadığını, daha pratik bir yaklaşıma gerek olduğu vurgulanmaktadır. Bunun için öğrencilere hazır deney setleri, uygulamalı deneyler ve açık uçlu soruların yer aldığı özel dersler oluşturulmuştur. Özel dersleri takip eden öğrencilerin elektrik devrelerinde kavramsal anlama düzeyinin, özel materyalleri kullanmayanlara göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Tveita (2000) tarafından yapılan çalışmada, elektrik konusuyla ilgili analoji kullanılmış ve akım bir boru içerisinde hareket eden su şeklinde açıklanmıştır. Fakat bu tekniğin öğrenciler tarafından benimsenmediği ve konuyu anlamalarına yardımcı olmadığı belirtilmiştir. Bunun için öğrencilere elektron modelini anlamaları konusunda yardımcı olmak amacıyla drama yöntemi kullanılmıştır. Buna göre öğrenciler, sanki devre içerisindeki birer elektron, lamba veya pil gibi hareket etmektedirler. Bu yöntem 8. sınıftan 10. sınıfa kadar aynı öğrenci grubuna uygulanmış ve özellikle kız öğrencilerin geleneksel öğretim yöntemine göre daha başarılı oldukları, dersi daha kolay ve zevkli gördükleri tespit edilmiştir.

Frederiksen ve diğerleri (1999), 10. ve 11. sınıfta öğretim gören 32 lise öğrencisinin fiziksel olguları açıklarken ve problemleri çözerken soyut bilimsel modelleri nasıl kullandıklarını incelemişlerdir. Araştırmanın sonucunda, öğrencilerin yaygın olarak akımın tüketildiği fikrine sahip oldukları ön plana çıkmıştır. Lee ve Law (2001) tarafından yapılan benzer çalışmada, 17 yaşındaki 6 fen öğrencisiyle yapılmıştır. Öğrencilerin, elektrik akımını anlamak için günlük deneyimlere başvurduğu, akımın devre elemanları üzerinden geçtikçe azaldığı ve ampul tarafından tüketildiği düşüncesine sahip oldukları tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada, öğrencilerin pilin akım kaynağı olduğunu ve pilden yayılan akımın dış çevredeki değişikliklerden etkilenmediğini düşündükleri görülmüştür. Öğrencilerin sahip olduklarını kavram yanılgılarını belirleyen bir diğer çalışmada Millar ve King (1993) tarafından 15 yaşındaki 175 öğrenci üzerinde yapılmıştır. Bu kapsamda, öğrencilerin voltaj kavramını ve devrenin bir noktasındaki değişikliğin tüm devreyi etkileyeceğini çok iyi anlamadıkları belirlenmiştir.

Shepardson ve Moje (1994) tarafından yapılan çalışmada, öğrencilerin elektrik akımını kavrama düzeyleri incelenmiş ve basit bir elektrik devresindeki akım kavramını anlamanın seri ve paralel devrelerdeki akım kavramını anlamanın ön koşulu olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu çalışmada öğrenciler tarafından oluşturulmuş dört genel elektrik akımı modeli tespit edilmiştir: 1) Sürekli olmayan, 2) Çarpışan akımlar, 3) Tek yönlü akım tüketimi, 4) Bilimsel modeldir. Bu çalışmayı destekleyen bir diğer araştırmada, Küçüközer (2003) tarafından yapılmıştır. Buna göre öğrenciler, akımın devre elemanları tarafından tüketildiğini, pilin sabit akım kaynağı olduğunu ve seri bağlı lambaların paralel bağlı lambalara göre daha parlak yandığını düşünmektedirler. Ayrıca öğrenciler elektrik akımının, pilin her iki kutbundan da geldiğini ve lamba üzerinde çarpışarak lambanın yanmasını sağladığı fikrine sahip oldukları belirlenmiştir. Dilber ve Düzgün (2003) tarafından yapılan çalışmada ise öğrencilerin, paralel devrelerde kollar arasındaki potansiyel farkın birbirleriyle farklı olduğu ve paralel devrelerde bulunan aynı özellikteki bir lambanın tek başına daha fazla ışık vereceği düşüncesine sahip oldukları belirlenmiştir.

Borges ve Gilbert'ın (1999) elektrik hakkında zihinsel modellerle ilgili yaptığı çalışmada, oldukça geniş örneklem üzerinde; ortaöğretim ve teknik okul öğrencileri, öğretmenler, mühendisler ve günlük yaşamda elektrik üzerine etkinlikler gerçekleştiren katılımcılarla araştırma yapmıştır. Araştırma sonucunda, elektrikle ilgili bireylerin sahip oluğu zihinsel modelleri dört grupta incelemiştir: 1) Akışkan elektrik, 2) Karşı akımlar, 3) Hareketli yükler, 4) Bir alan olayı. Benzer bir çalışmada Asami ve diğerleri (2000) tarafından 10-11 yaşındaki öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmada, deney grubundaki öğrencilere konu ile ilgili zihinsel modellerin belirlenmesine yönelik bir öğretim programı uygulanmıştır. Araştırma sonucunda farklı modeller tanımlanmıştır: kaynak tüketen ve çarpışan akımlar gibi.

Chiu ve Lin (2005) tarafından yapılan araştırmada, elektrik devreleri ile ilgili ilköğretim öğrencilerine yönelik düzenlenmiş öğrenim etkinliklerinden ve uygulanan son testten sonra zihinsel modeller belirlenmiştir. Seri devreler için; tek kutuplu, çift kutuplu, azalan, bilimsel modeller, doğasında elektrik olan ampuller ve ışık yanmayan modeller şeklinde altı model şekli tanımlamışlardır. Paralel devreler için ise; çift kutuplu, atlayan, azalan, bilimsel ve döngü (loop) modelleri şeklinde beş model tespit edilmiştir. Uygulamadan önce ve sonra öğrencilerin genellikle seri devreler için çift kutuplu ve paralel devreler için döngü modeline sahip oldukları belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin, "elektrik akımı, ampullerden geçerken azalmaktadır." görüşüne sahip oldukları tespit edilmiştir.

Günbatar ve Sarı (2005) tarafından yürütülen çalışma; 27 fizik öğretmeni ve 390 ortaöğretim öğrencisiyle, elektrik devreleri konusundaki anlaşılması zor ve soyut kavramlarla ilgili model geliştirmek amacıyla yapılmıştır. Öğrencilerle yapılan deneysel

çalışma sonucunda; modellerin, problem çözme, düşünme, karşılaştırma, analiz etme, sentez etme ve sonuca varma gibi davranışların gelişmesini sağladığı belirtilmiştir. Öğretmenlerin ise, modellerin olumlu etkileri olduğunu belirtmelerine rağmen gerçekte çok fazla kullanmadıkları tespit edilmiştir.

Çepni ve Keleş (2006) tarafından yürütülen çalışmada ilk, orta ve yükseköğretim sürecinde öğrenimlerine devam eden 250 öğrencinin elektrik devreleriyle ilgili sahip oldukları zihinsel modellerin; tek kutuplu, çarpışan akımlar, tüketilen akım, korunan akım ve bilimsel modeller şeklinde olduğu sonucuna varılmıştır. İlköğretim seviyesindeki öğrencilerin tek kutuplu, korunan akım ve bilimsel modellere; ortaöğretim seviyesindeki öğrencilerin çarpışan akımlar ve tüketilen akım modellerine; yükseköğretim seviyesindeki öğrencilerin ise, tüketilen akım modeline sahip oldukları tespit edilmiştir. Benzer bir araştırmada, Küçüközer ve Demirci (2008) tarafından 32 fizik öğretmeni adayının ve 25 fizik öğretmeninin basit elektrik devreleri hakkındaki düşünceleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda fizik öğretmenlerinin ‘ardışık muhakeme’, ‘sabit akım kaynağı’ ve ‘akım kullanımı’ şeklinde alternatif düşüncelere sahip oldukları görülmüştür: Fizik öğretmeni adaylarının da ‘sabit akım kaynağı’, ‘akım kullanımı’, ‘ardışık muhakeme’ ve ‘akım, enerji ve potansiyel farkın kullanımıyla ilgili kavramlar’ hakkında bilimsel olmayan görüşlere sahip oldukları belirlenmiştir.

Engelhardt ve Beichner (2004) lise ve üniversite öğrencileri üzerinde yaptıkları çalışmada, elektrik devreleri konusuyla ilgili öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarını belirlemek amacıyla bir test geliştirmişlerdir. Testin geçerlilik ve güvenilirlik hesabıyla ilgili yürütülen çalışmada, 29 soruluk çoktan seçmeli bir testin elektrik devreleriyle ilgili olarak öğretim yöntemi ve öğretmen faktöründen bağımsız olarak lise ve üniversite öğrencileriyle yapılacak araştırmalarda kullanılabileceği ifade edilmektedir. Araştırma sonucunda ayrıca erkek öğrencilerin kız öğrencilerden daha başarılı oldukları tespit edilmiştir.

Çökelez ve Yürümezoğlu (2009) tarafından yaşları 12-14 arası değişen ilköğretim öğrencileriyle yapılan çalışmada, ders kitaplarında ki konularla birlikte öğrencilerin elektrik ve ilgili kavramlar ile ilgili düşüncelerinin zamanla nasıl değiştiği incelenmiştir. Nitel araştırma sonucunda, öğrencilerin ‘elektrik akımı’ hakkında doğru kavramlara sahip iken; ‘elektrik’ ve ‘elektriksel enerji’ konusunda kavram yanılgılarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Elektrik konusuyla ilgili kavramlar hakkında Avrupa’daki 5 farklı ülkede ortaöğretim düzeyindeki 14-15 yaşlarında 1200 öğrenciyle yapılan çalışmada, öğrencilerin benzer zorluklara sahip oldukları görülmüştür. Bu durum, kullanılan lisanın ve okul sisteminin kavram yanılgıları üzerinde bir etkisi olmadığını ön plana çıkarmıştır (Shipstone ve diğ., 1988).

Küçüközer ve Kocakülah (2007) tarafından ortaöğretim öğrencilerinin basit elektrik devreleri hakkındaki kavram yanılgılarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada, açık uçlu sorulardan oluşan bir test geliştirilmiş ve öğrencilere yarı yapılandırılmış mülakatlar uygulanmıştır. Araştırma sonucunda 'eğer anahtar kapalı ise, devredeki hiçbir lamba yanmaz' ve 'paralel bağlı lambalar seri bağlı lambalardan daha fazla ışık verir' şeklinde yanlış görüşlere sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Ayrıca öğrencilerin konuyla ilgili olarak literatürde sıklıkla karşımıza çıkan 'akımın tükenmesi', 'piller sabit akım kaynağıdır' gibi yanlış zihinsel modellere sahip olduğu görülmüştür.

Tekbıyık ve Sağlam-Arslan'ın (2008) elektrik akımı, direnç ve ohm yasası konularının, kaynak bilgi halinden, sınıf ortamında öğrencilere ulaşıncaya kadar geçirdiği değişim, transpozisyon didaktik teorisi kapsamında incelenmiş ve konu hakkında literatürdeki kavram yanılgılarının kaynağı belirlenmeye çalışılmıştır. 10. sınıf fizik dersinde yapılan çalışmada, belirtilen konularda üst düzey akademik bilginin sınıf ortamına gelinceye kadar bazı değişiklikler geçirdiği belirtilmiştir. En büyük değişimin fizik öğretmeninden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Öğretilecek bilgi ile aktarılan bilgi arasındaki farklılığın öğrencilerde kavram yanılgısına neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

Yukarıdaki çalışmalarda belirtilen kavram yanılgıları ve öğrencilerin elektrik devreleriyle ilgili sahip oldukları yanlış zihinsel modellerin yanı sıra son yıllarda yapılan çalışmalar öğrencilerin devreler konusundaki bazı kavramları anlama düzeyinde güçlüklerle karşılaştıklarını da göstermiştir (Engelhardt ve Beichner, 2004). Engelhardt ve Beichner'e (2004) göre öğrenciler; devre elemanlarının iki uçlu olmalarının fonksiyonu ve devrenin tamamlanması için iki ucunun da kullanılmasının gerekliliğini kavramada, kısa devreyi tanımada, direnci az olan devre elemanından daha fazla akım geçmesi gerektiğini kavramada güçlük çekmektedirler. Ayrıca bir elektrik devresinin gerçek şeklini ve şemasını belirlemede öğrencilerin güçlük çektiğini belirtmişlerdir.

Literatürde elektrik konusu ile ilgili yapılan araştırmalarda görüldüğü gibi; ilköğretimden üniversitede düzeyine kadar öğrencilerin elektrik konusuyla ilgili sahip oldukları zihinsel modelleri tespit etmek amacıyla genellikle öğrencilere konuyla ilgili deney malzemeleri ve çeşitli görevler verilerek bir elektrik devresi oluşturmaları istenmiştir. Bu süreçte, öğrencilerle yapılan mülakatlar sonucunda ("Neden bunu böyle yaptın? Lambanın nasıl yanacağını düşünüyorsun? Yaptığın şeyi açıklar mısın? Bunu yaparken ne düşünüyorsun?" gibi sorularla) elektrik konusuyla ilgili sahip oldukları kavramlar belirlenmeye çalışılmıştır (Jabot ve Henry, 2004). Osborne (1983) ve Osborne ve Freyberg (1985) tarafından yapılan bu araştırmalara daha sonra birçok araştırma da katılmış ve yapılan literatür araştırmalarının sonucunda öğrencilerin ve bu konuyla çalışan

kişilerin sahip oldukları zihinsel modeller, bu zihinsel modellere sahip olan örneklem grupları ve yapılan çalışmalar hakkında genel bilgiler, Tablo 3'de gösterilmiştir:

Tablo 3. Elektrik Konusu İle İlgili Belirlenen Zihinsel Modellere Yönelik Yapılan Çalışmalar

Kavramlar	Örneklem grupları							Literatür
	İlköğretim öğrencileri	Ortaöğretim öğrencileri	Üniversite öğrencileri	Öğretmen adayları	Öğretmenler	Mühendisler	Diğerleri	
Tek kutuplu model (Güç Çeken Akım Modeli)	X	X	X	X	X			Ateş, 2005; Ateş ve Polat, 2005; Azaiza ve diğ., 2006; Chambers ve Andre, 1997; Çepni ve Keleş, 2006; Galili ve diğ., 2011; Jabot ve Henry, 2007; Küçüközer, 2003; Kärrqvist, 1985; Osborne, 1983; Pardhan ve Bano, 2001; Sangam ve diğ., 2011; Sencar ve diğ., 2001; Shaffer ve Mcdermott, 1991;Shepardson ve Moje, 1994; Testa ve Michelini, 2006
Çarpışan akımlar modeli*	X	X	X	X	X			Asami ve diğ., 2000; Ateş, 2005; Ateş ve Polat, 2005; Azaiza ve diğ., 2006; Chambers ve Andre, 1997; Çepni ve Keleş, 2006; Galili ve diğ., 2011; Heller ve Finley, 1992; İpek ve Çalık, 2008; Jaakkola ve Nurmi, 2008; Jabot ve Henry, 2004; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Osborne, 1983; Pardhan ve Bano, 2001; Sangam ve diğ., 2011; Sencar ve diğ., 2001; Shepardson ve Moje, 1994; Shipstone, 1984; Testa ve Michelini, 2006
Paylaşılan akım modeli**		X		X	X			Ateş ve Polat, 2005; Chambers ve Andre, 1997; Heller ve Finley, 1992; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Pardhan ve Bano, 2001; Sangam ve diğ., 2011; Shipstone, 1984; Testa ve Michelini, 2006
Kapalı devre modeli					X			Ateş, 2005; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Shipstone ve diğ., 1988; Testa ve Michelini, 2006
Korunan akım modeli	X	X	X					Çepni ve Keleş, 2006; Galili ve diğ., 2011
Bölgesel düşünme		X	X	X	X			Ateş ve Polat, 2005; Borges ve Gilbert, 1999; Engelhardt ve Beichner, 2004; Heller ve Finley, 1992; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Demirci, 2005; ; Lee ve Law, 2001
Sabit akım kaynağı modeli (Güç kaynağı sabit akım kaynağıdır) **		X	X	X	X			Ateş ve Polat, 2005; Borges ve Gilbert, 1999; Cohen ve diğ., 1983; Dupin ve Johsua, 1987; Engelhardt ve Beichner, 2004; Heller ve Finley, 1992; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Lee ve Law, 2001; Pardhan ve Bano, 2001; Satır, 2007; Sencar ve diğ., 2001; Shafer ve McDermott, 1992; Shipstone ve diğ., 1988; Testa ve Michelini, 2006;
Zaman bağımlı model								Sangam ve diğ., 2011
Sıra model								Borges, 1999; Michelet ve diğ., 2007; Sangam ve diğ., 2011; Shipstone ve diğ., 1985;
Ohm modeli***								Testa ve Michelini, 2006
Bilimsel model***	X							Jaakkola ve Nurmi, 2008; Shepardson ve Moje, 1994
Zayıflayan (Tükenen) akım modeli	X	X	X		X			Ateş ve Polat, 2005; Azaiza ve diğ., 2006; Chambers ve Andre, 1997; Chen ve Kwan, 2005; Chiu ve Lin, 2005; Çepni ve Keleş, 2006; Çıldır ve Şen, 2006; Dilber ve Düzgün, 2003; Duit ve Rhöneck, 1997; Frederiksen ve diğ., 1999; Galili ve diğ., 2011; Heller ve Finley, 1992; İpek ve Çalık, 2008; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Lee ve Law, 2001; Maichle, 1981; Michelet, Adam ve Luengo, 2007; Osborne, 1983; Pardhan ve Bano, 2001; Psillos ve diğ., 2004; Sangam ve diğ., 2011; Sencar ve diğ., 2001; Shipstone ve diğ., 1988; Testa ve Michelini, 2006

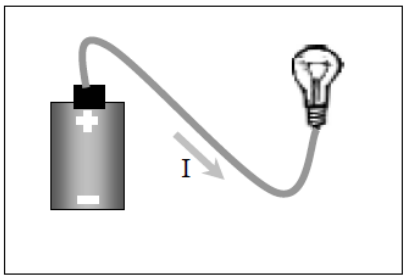
Tablo 3'ün devamı

Batma Modeli							Chambers ve Andre, 1997; Driver, Guesne ve Tiberghien, 1998; Shaffer ve Mcdermott ,1992
Karşı akımlar modeli		X		X	X	X	Borges ve Gilbert, 1999
Hareketli yükler modeli		X		X	X	X	Borges ve Gilbert, 1999
Akışkan elektrik modeli		X		X	X	X	Borges ve Gilbert, 1999
Çift kutuplu model*	X						Chiu ve Lin, 2005; Jabot ve Henry, 2007
Atlayan akım modeli	X						Chiu ve Lin, 2005
Döngü (loop) modeli	X						Chiu ve Lin, 2005
Sentez modeli	X						Azaiza ve diğ., 2006
Sürekli olmayan akım modeli							Shepardson ve Moje, 1994
Akan su modeli		X					Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010
Deneysel kural modeli (Üretece olan yakınlık uzaklık)		X	X	X			Borges ve Gilbert, 1999; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Küçüközer, 2003; Lee ve Law, 2001; Pardhan ve Bano, 2001; Satır, 2007; Shipstone ve diğ., 1988;
Eşitlik modeli		X	X	X			Küçüközer, 2003; Lee ve Law, 2001; Testa ve Michelini, 2006
Paralel bağlı devrelerde eşdeğer direnç önyargısı		X					Cohen ve diğ., 1983; Chambers ve Andre, 1997; Dupin ve Johsua, 1987
Kısa Devre önyargısı		X					Sencar ve Eryılmaz, 2004; Shipstone ve diğ., 1988
Topolojik Model				X			Testa ve Michelini, 2006

*, **, ***: işaretli olan zihinsel modellerin özellikleri aynı olup, literatürde farklı isimler altında açıklanmıştır.

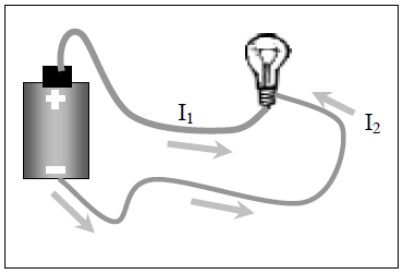
Tablo 3'de görüldüğü gibi; her yaş ve eğitim seviyesindeki bireylerin birçoğunun elektrik konusuyla ilgili farklı zihinsel modellere sahip oldukları görülmektedir. Farklı literatürlerde farklı isimlerle bahsedilen bazı zihinsel model türleri, Tablo 3'de ayrı ayrı verilmesine rağmen, modeller hakkındaki ayrıntılı bilgiler aşağıda yer almaktadır (Ateş ve Polat, 2005; Satır, 2007; Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010). Böylelikle literatürde geçen model türleri kendi içerisinde ortak isimlerle birleştirilmiştir.

Tek Kutuplu Model (Unipolar model): Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler, elektrik akımının üretecin pozitif kutbundan lambanın tabanına doğru aktığını ve tamamının lambada kullanıldığını düşünmektedirler (Azaiza ve diğ., 2006; Chambers ve Andre, 1997; Çepni ve Keleş, 2006; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Osborne, 1983; Pardhan ve Bano, 2001; Sencar ve diğ., 2001; Shaffer ve Mcdermott, 1992). Bazı kaynaklarda "*Güç Çeken Model*" tanımlaması kullanılmaktadır (Sencar ve Eryılmaz, 2002, 2004). Bu öğrenciler akımın oluşması için kapalı bir devrenin gerekliliğinin farkında değildirler. Modelin temsili görüntüsü, Şekil 21'de gösterilmiştir.



Şekil 22. Tek Kutuplu Model

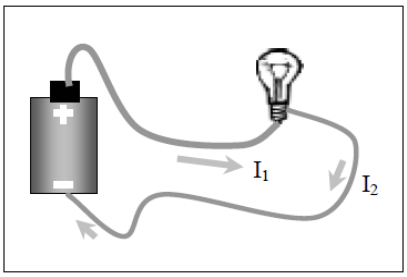
Çarpışan Akımlar Modeli (Crashing Current Model): Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler, üretecin artı ve eksi kutuplarından çıkıp elektrik aletine ulaşan iki farklı kutuptaki akımların burada çarpışıp enerji açığa çıkardıklarını düşünmektedirler. Yani akımın pilin her iki kutbundan da geldiği, lamba içinde bu iki taraftan gelen akımın çarpıştığı ve lambanın yandığı görüşündedirler (Asami ve diğ., 2000; Azaiza ve diğ., 2006; Chambers ve Andre, 1997; Çepni ve Keleş, 2006; Driver, Guesne ve Tiberghien, 1998; Heller ve Finley, 1992; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Osborne, 1983; Pardhan ve Bano, 2001; Shipstone, 1984; Sencar ve diğ., 2001; Sencar ve Eryılmaz, 2004). Bazı kaynaklarda "iki bileşenli model (two-components model)" olarak ifade edilmektedir (Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010). Genellikle 10-13 yaş grubu çocukların bu zihinsel modele sahip oldukları ve ortaöğretimde bu düşüncelerinin sonlandığı belirtilmektedir (Osborne ve Freyberg, 1985). Testa ve Michelini'nin (2006) çalışmasında 'Çift kutuplu akım modeli'nde bu modelin tanımı kullanılmıştır. Modelin temsili görüntüsü, Şekil 22'de gösterilmiştir.



Şekil 23. Çarpışan Akımlar Modeli

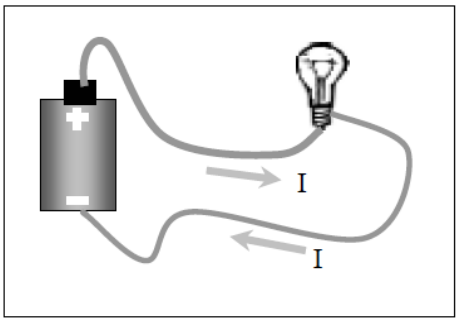
Zayıflayan Akım Modeli (Weakening Current Model): Akım zamana bağlı bir olay olarak tanımlanır. Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler, akımın devrede bir yönde hareket ettiği ve üzerinden geçtiği her devre elemanında bir miktar azaldığı fikrini benimsemektedirler. Yani bataryanın bir kutbundan çıkan akım devredeki cihazlar tarafından tüketilir ve akım azalır (Aykutlu ve Şen, 2011; Azaiza ve diğ., 2006; Chambers ve Andre, 1997; Chiu ve Lin, 2005; Çepni ve Keleş, 2006; Çıldır ve Şen, 2006; Dilber ve Düzgün, 2003; Driver, Guesne ve Tiberghien, 1998; Heller ve Finley, 1992; Kärrqvist,

1985; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Lee ve Law, 2001; Maichle, 1981; Osborne, 1983; Pardhan ve Bano, 2001; Sencar ve diğ., 2001; Sencar ve Eryılmaz, 2004; Shipstone ve diğ., 1988). Aynı zamanda devrede sonra gelen elemanın önce gelenlerden daha az akım aldığını da düşünürler. Diğer bir deyişle pile yakın olan lambanın uzak olanlara göre daha parlak yanacağına inanırlar. Bazı kaynaklarda "tükenen akım modeli (current consumption model)" olarak ifade edilmektedir (Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010). Bu modelin temsili görüntüsü Şekil 23'de gösterilmiştir.



Şekil 24. Zayıflayan Akım Modeli

Tek Yönlü Korunan Akım Modeli (Unipolar Model): Şekil 24'de gösterildiği gibi öğrenciler, akımın üretecin artı kutbundan çıkıp eksi kutbuna doğru hareket ettiğini düşünmektedir (Çepni ve Keleş, 2006; Galili ve diğ., 2011; Osborne, 1983).



Şekil 25. Tek Yönlü Korunan Akım Modeli

Paylaşılan Akım Modeli (Shared Current Model): Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler akımın, devre elemanları arasında eşit olarak paylaşıldığını ve her devre elemanında eşit miktarda azaldığını düşünmektedirler (Chambers ve Andre, 1997; Driver, Guesne ve Tiberghien, 1998; Sencar ve Eryılmaz, 2004; Shipstone, 1985; Heller ve Finley, 1992).

Kapalı Devre Modeli (Closed Circuit Model): Bu modele göre, her devre elemanı iki bağlantıya ve iki kutba sahiptir. Akım devrede verilen bir yönde hareket eder. Devre anahtarın kapalı olduğu durumda çalışır. Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler, akımın kapalı bir devrede dolanması fikrini kabul etmelerine rağmen; enerji ve akım kavramlarını

birbiriyle karıştırmaktadırlar. Bazen akım yerine, enerjinin devrede dolandığını ve akımın depolanmadığını belirtmektedirler (Ateş, 2005; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Shipstone ve diğ., 1988).

Sabit Akım Kaynağı Modeli (Constant Current Source Model): Bu model, düzgün bir şekilde çift kutuplu devre elemanlarıyla oluşturulmuş kapalı bir devredir. Akımın voltaja göre daha somut bir kavram olması, öğrencilerde voltajın akım sonucu oluştuğu fikrini ortaya çıkarmış ve bu fikir basit bir pilin voltaj değil de akım kaynağı olarak algılanmasına neden olmuştur. Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler pillerin sabit akım kaynağı olduğu, devrelerin özelliklerine (özdeş lambaların sayısı ve bağlantı şekilleri) bakılmaksızın pilin vereceği akımın hep aynı şiddette olduğunu benimsemektedirler (Ateş ve Polat, 2005; Borges ve Gilbert, 1999; Cohen ve diğ., 1983; Dupin ve Johsua, 1987; Heller ve Finley, 1992; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Lee ve Law, 2001; Pardhan ve Bano, 2001; Psillos ve Koumaras, 1988; Shipstone ve diğ., 1988; Shafer ve McDermott, 1992; Sencar ve diğ., 2001). Bu modele sahip öğrenciler, akım değişimini sadece pil 'eskimeye-bitmeye' başladığında kabul eder. Bu model, Shipstone'un (1984) 'paylaşılan akım modeli' ile oldukça büyük benzerlikler göstermektedir. Ona göre öğrencilerin sahip olduğu modellerdeki devrenin özellikleri, bazı kuralların özümsenmesi sonucu oluşmaktadır. Örneğin; seri veya paralel bağlantı şekli önemli olmadan tüm lambalar eşit miktarda parlaklığa sahiptir.

Deneysel Kural: Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler, devrede sonra gelen elemanın önce gelenlerden daha az akım aldığını düşünürler. Diğer bir deyişle, pile yakın olan lambanın uzak olanlara göre daha parlak yanacağına inanırlar. Yani bir devrede lambanın önünde yapılan bir değişikliğin lambanın parlaklığını etkileyeceği fakat lambadan sonra gelen bir yerde yapılan değişikliğin lambanın parlaklığını etkilemeyeceği düşünülmektedirler. Ayrıca bataryaya uzak olan lambaların daha az parlaklıkta yandığını belirtmektedirler (Küçüközer, 2003; Lee ve Law, 2001; Satır, 2007; Sencar ve Eryılmaz, 2004; Shipstone ve diğ., 1988).

Eşitlik Modeli: Bu modele göre öğrenciler, "Paralel bir devrede akım, eşit parçalara ayrılır" görüşüne sahiptirler (Küçüközer, 2003; Lee ve Law, 2001).

Bölgesel ve Sırasal Düşünme: Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler, devrenin herhangi bir noktasında bir değişiklik yapılırsa bu değişiklikten sadece bu noktadan sonraki devre elemanlarının etkileneceğini düşünürler (Engelhardt ve Beichner, 2004). Diğer bir deyimle, devreyi değiştirilen elemandan önceki ve sonraki bölüm olmak üzere iki parça halinde analiz etmeye eğilimlidirler. Değişiklik yapılan elemandan önceki devre elemanlarının bu değişiklikten etkilenmeyeceğini fakat ondan sonraki elemanların bu

değişiklikten etkileneceğini savunurlar. Ayrıca devrenin başlarında yapılan bir değişikliğin tüm devreyi etkileyeceğine inanırlarken, devrenin sonlarına yakın bir yerde yapılan değişiklikten devrenin etkilenmeyeceğine inanırlar (Cohen ve diğ., 1983; Heller ve Finley, 1992; Sencar ve Eryılmaz, 2004).

Ohm Modeli (Ohm's Model): Bu modele göre akım, enerji yayarak devre etrafında akmaktadır. Akım depolanır ve enerjiden iyi bir şekilde aktarılır. Bir devre bütünüyle etkileşimli bir sistem gibi görünür. Yani devrenin bir noktasında bir değişiklik yapıldığında bundan tüm devre etkilenir. Bu görüş 'bilimsel görüş' ile uyarlanmaktadır ve Osborne (1983) ve Shipstone (1984) tarafından tespit edilmiştir. Bu modelin daha çok ileriki yaşlarda, verilen eğitimin bir sonucu olarak geliştiği düşünülmektedir.

Sıra Modeli (Sequence Model): Bu kavram yanılgısında öğrenciler, akımın sadece tek bir yöne doğru aktığını ve elektriğin bir kısmının lambalar tarafından kullanıldığını düşünmektedirler. Seri şeklinde bağlanmış özdeş lambalardan en az şekilde akım kaybı olacağını savunmaktadırlar. Akımın azalması yönünden 'zayıflayan akım modeline' benzese de Shipstone ve diğerleri (1985) tarafından 'Sıralı model' olarak adlandırılmıştır. Buna göre akım devredeki her elemandan azalarak döngüsünü tamamlar. Michelet ve diğerleri (2007) yaptıkları çalışmada, 'Sıralı Model' (Sequential model) olarak adlandırmışlar ve bu kavram yanılgısına sahip öğrencilerin devreyi bir bütün olarak göremedikleri, akımın yönüne göre sıralı bir şekilde devreyi algıladıkları belirtilmiştir. Shipstone (1985) ve Borges'e (1999) göre, elektrik devreleri hakkında öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modeller incelendiğinde en çok bu modelin var olduğu görülmüştür.

Batma Modeli (Sink Model): Öğrenciler; güç kaynağı ile elektrik aleti arasındaki tek bir kablo bağlantısının, güç kaynağındaki elektriğin alete gitmesini ve onun çalışmasını sağladığını ve orada akımın yok olduğunu düşünmektedirler. Bu modelde geri dönüş yolunda akım yoktur. Genellikle bataryanın tek ucu aktif olarak kabul edilir (Chambers ve Andre, 1997; Driver, Guesne ve Tiberghien, 1998; Mcdermott ve Shaffer, 1992).

Paralel Devrelerde Eşdeğer Direnç Önyargısı: Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler devreye bağlanan direnç sayısı arttıkça bağlanma şeklinden bağımsız olarak devrenin eşdeğer direncinin artacağını düşünürler. Bundan dolayı, devreye paralel olarak eklenen yeni bir direncin devrenin eşdeğer direncini arttıracağına inanırlar. Ayrıca bu kavram yanılgısına sahip olan öğrenciler, paralel bağlanan iki eşdeğer ampulün onlara eşdeğer tek bir ampulden daha sönük yandığını düşünürler (Cohen ve diğ., 1983; Chambers ve Andre, 1997; Dupin ve Johsua, 1987; Sencar ve Eryılmaz, 2004).

Kısa Devre Önyargısı: Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler, devreye bağlanan boş bir telin, devre üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını düşünürler (Sencar ve Eryılmaz,

2004; Shipstone ve diğ., 1988). Diğer bir deyişle, bir elektrik devresinde kısa devrenin olamayacağını savunurlar.

Topolojik Model: Bir devre şemasının geometrisi, devrenin davranışını açıklamak için geçerli bir durumdur (Testa ve Michelini, 2006). Buna göre devre elemanlarının bağlanma şekli, devrenin çalışmasını etkiler.

Sıralı Analiz: Eğer bir devrede bir eleman değiştirilirse, öğrenciler devreyi akım orayı geçmeden önce ve akım orayı geçtikten sonra şeklinde incelerler (Heller ve Finley, 1992).

Lokal Düşünme: Bir elektrik devresinde bir devre elamanında değişiklik yapıldığında (devreye direnç eklemek veya çıkarmak gibi), öğrenciler genellikle değişiklik yapılan noktaya odaklanır. Hâlbuki bir noktadaki değişikliğin, tüm devreyi etkilediğini göz ardı ettiklerinin farkında değildirler (Cohen ve diğ., 1983; Heller ve Finley, 1992).

İlkel Kural: Öğrenciler, ampul ile güç kaynağı arasındaki uzaklık arttıkça ampulün parlaklığının azalacağını düşünmektedirler (Heller ve Finley, 1992).

Direnç ve Toplam Direnç: Öğrenciler, devreye direnç eklendiğinde, dirençlerin bağlanma şeklinden bağımsız olarak toplam direncin artacağını düşünürler (Chambers ve Andre, 1997).

Akım-Potansiyel Fark Karşılaştırılması: Akım ve potansiyel fark kavramlarını birbirlerinin yerine kullanan öğrencilerin sahip oldukları modeldir (Kumaş, 2015).

İç Direnç: Bu kavram yanılgısına sahip öğrenciler, pilin iç direncinin devreye bir etkisi olmadığını düşünüp ihmal edileceğine inanmaktadırlar (Cohen ve diğ., 1983; Uzunkavak, 2003).

Seri Bağlı Ampullerin Parlak Yanması: Seri bağlı ampuller paralel bağlı ampullere göre her zaman daha parlak yanar görüşüne inanırlar (Kumaş, 2015).

Yukarıda belirtilen ve elektrik konusuyla ilgili öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modeller yanında yapılan literatür çalışmaları sonucunda, öğrencilerin elektrik konusuyla ilgili birçok yanlış bilgiye sahip oldukları ve bunları bir model altında birleştiremedikleri de görülmektedir. Bu kavram yanılgılarına yer verilen çalışmalar, Tablo 4’de belirtilmiştir.

Tablo 4. Yapılan Çalışmalarda Elektrik Konusuyla İlgili Belirlenen Kavram Yanılgıları

Kavram Yanılgıları	Örneklem grupları					Literatür
	İlköğretim öğrencileri	Ortaöğretim öğrencileri	Üniversite öğrencileri	Öğretmen adayları	Öğretmenler	
Potansiyel farkı, akım, enerji ve güç kavramını birbiri yerine kullanılmaktadır.	X	X		X	X	Chen ve Kwan, 2005; Demirci ve Çirkinoğlu, 2004; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2004; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Lee ve Law, 2001; Satır, 2007; Shipstone, ve diğ., 1988
Paralel bir devrede akım eşit parçalara ayrılır		X		X	X	Lee ve Law, 2001; Küçüközer, 2003
Ölçü araçlarının nasıl bağlanması gerektiği bilinmemektedir.		X		X	X	Küçüközer, 2004; Küçüközer ve Demirci, 2005
Elektrik akımının devrede hareket eden yükler pozitif ve negatif yükler olan elektron ve proton tarafından oluşturulmaktadır.		X			X	Borges ve Gilbert, 1999; Çıldır ve Şen, 2006
Bataryanın sağladığı sabit potansiyel farkının onun uçları arasında bir elektrik alan oluşturduğu ve bunun iletken içinde elektrik yüklerini hareket ettirdiği düşünülmektedir.		X			X	Borges ve Gilbert, 1999; Cohen ve diğ., 1983; Çıldır ve Şen, 2006; Örgün, 2002
Pil sayısı fazla olan devrelerdeki lambalar daha parlaktır (Bağlantı şekli önemsenmiyor)					X	Küçüközer, 2004; Küçüközer ve Demirci, 2005, 2008; Satır, 2007
Paralel devrelerde özdeş ampullerden geçen akım pilden geçenle aynıdır.					X	Pardhan ve Bano, 2001
Paralel bağlı bir devrede toplam akım ampul sayısının artmasından etkilenmez.					X	Pardhan ve Bano, 2001
Paralel devrede ampul sayısını arttırmak devreden daha çok akım geçmesine neden olur (Bağlantı şekli önemsenmiyor).					X	Pardhan ve Bano, 2001
Pil enerji kaynağıdır ve serbest elektronlar bu enerji yardımı ile hareket eder.					X	Pardhan ve Bano, 2001
Paralel devrelerde kollardan geçen akım aynıdır. (Lamba ve direncin değeri önemsenmiyor.)						Küçüközer ve Demirci, 2008
Kuru pil elektronların depolandığı yerdir. Kablolar borulara benzer. Devre tamamlandığında depolanmış elektronlar akmaya başlar.					X	Pardhan ve Bano, 2001
Akım, üreteç/emk kaynağından çıkar.		X				Chen ve Kwen, 2005; Cohen ve diğ., 1983; Çıldır ve Şen, 2006; Duit ve Rhöneck, 1997; Heller ve Findley, 1992; Lee ve Law, 2001; Örgün, 2002; Psillos ve diğ., 1988
Akım, üreteç/emk kaynağı içinde depo edilir.		X				Aykutlu ve Şen, 2011; Çıldır ve Şen, 2006; Duit ve Rhöneck, 1997
Direncin değeri, üzerinden geçen akım miktarına göre değişmektedir. Direnç akıma uygulanan bir kuvvettir.		X				Asomi ve diğ., 2000; Aykutlu ve Şen, 2011; Çıldır ve Şen, 2006; Duit ve Rhöneck, 1997; Küçüközer, 2000; Örgün, 2002; Pardhon ve Bano, 2001; Sencar ve Eryılmaz, 2002; Sönmez ve diğ., 2001
Direnç değeri değiştirilerek devredeki potansiyel fark değişmektedir.		X				Çıldır ve Şen, 2006
Elektrik enerjisi, üretecin içinde depo edilmektedir.		X				Chen ve Kwen, 2005; Duit ve Rhöneck, 1997; Lee ve Law, 2001; Örgün, 2002
Akım bilinen yönünün tersine hareket eder.		X				Michelet ve diğ., 2007
Paralel bağlı ampuller seri bağlı ampullerden her zaman daha parlak yanar.		X				Kumaş, 2015

Araştırmaya uygun olarak özellikle ortaöğretim seviyesindeki öğrencilerinin elektrik konusu ile ilgili sahip oldukları kavram yanılgılarına ait literatür çalışmaları sonucunda elde edilen bilgileri kavramlara göre kategorize edilerek, Tablo 5'de verilmiştir (Aykutlu ve Şen, 2011; Chen ve Kwen, 2005; Çıldır ve Şen, 2006; Demirci ve Çirkinoğlu, 2004; Duit ve Rhöneck, 1997; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Lee ve Law, 2001; Örgün, 2002; Satır, 2007):

Tablo 5. Ortaöğretim Öğrencilerinin Elektrik Konusunda Sahip Oldukları Kavram Yanılgıları

Kavram	Kavram yanılgısı
Akım	Akım, üreteç/emk kaynağında bulunur ve orada depo edilir.
	Akım, (-) yüke ters yönde hareket eder.
	Elektronlar, elektrik akımını taşırlar.
	Akım, sürekli değildir.
	Akım, devre elemanları tarafından harcanır.
	Elektrik, akım oluşturur.
	Akım, elektriği bir yerden başka bir yere getirir.
	Akım, elektrik alan yaratır.
	Akım miktarı değiştirilerek, devrenin potansiyel farkı değiştirilir.
	Akım, potansiyel farkın değişimi sonucunda oluşur.
	Akım, fazlalık yüklerden oluşur.
	Akım devre boyunca aktıkça, dirençler tarafından kullanılıp biter.
	Akım, bir engelle karşılaşınca ters döner gider.
Direnç	Üreteç/emk kaynağından dirence akım geçer.
	Üreteç/emk kaynağı, dirence gücünü verir.
	Direnç, üzerinden geçen akım miktarını azalttığından elektrik enerjisi de azalır.
	Akım, dirençlerde harcanır.
	Direncin değeri, üzerinden geçen akım miktarına göre değişir.
	Direnç değeri değiştirilerek devredeki potansiyel fark değişmektedir.
	Direnç, akıma ters yönde uygulanan kuvvettir, engeldir.
	İletken telin direnci yoktur.
	Cisimlerin büyüklüğü ile direnci daima doğru orantılıdır.
	Yükler direnç üzerinden geçerken yavaşlarlar.
Potansiyel fark	Uygulanan potansiyel fark, direnç değerleri değiştirilerek değişir.
	Potansiyel fark üretecin onun uçları arasında bir elektrik alanı oluşturur ve bu iletken içinde elektrik yüklerini hareket ettirir.
	Potansiyel fark üreteç/pilde depo edilir.
	Potansiyel fark, elektrik akımı sonucunda oluşur.
	Potansiyel fark, bir güçtür.
	Potansiyel fark, bir kuvvettir.
	Potansiyel fark, bir enerjidir.
	Potansiyel devre boyunca akar.
Elektrik Enerjisi	Elektrik enerjisi, elektrik devresinden geçer.
	Elektrik enerjisi, lamba tarafından kullanıldığında akım miktarı azalır.
	Güç ve enerji aynı şeylerdir.

Tablo 5'in devamı

Elektrik	Elektrik, üreteç/emk kaynağında üretilir.
	Elektrik, üreteç/emk kaynağının içindedir.
	Elektrik, (+) kutuptan devreye verilmeye başlar.
	Elektrik, elektrik enerjisini meydana getirir.
	Elektrik enerjisi, elektrik olarak devrede bulunur.
	Elektrik, elektron hareketiyle iletilir.
	Elektrik, elektronlara sahiptir.
Üreteç	Üreteç/emk kaynağı, elektrik enerjisini depolar.
	Üreteç/emk kaynağı, akımı depolar.
	Üreteç/emk kaynağının sağladığı sabit potansiyel farkı üretecin onun uçları arasında bir elektrik alanı oluşturur.
	Üreteçler hiç yoktan enerji üretirler.
	Daha büyük pil daha büyük gerilim demektir.
	Devredeki yükler üreteç tarafından üretilir.
	Üretecin kutupları arasında bir akım yoktur.
Basit Elektrik Devresi	Aynı direnç değerine sahip devre elemanları, farklı bağlansalar da aynı potansiyel farka sahiptir.
	Üreteç/emk kaynağının iki kutbundan gelen akımlar çarpışarak ampulün yanmasını sağlar.
	Paralel devrelerde akım, kollar arasında eşit olarak dağılır.
	Paralel devrelerde, kollar arasındaki potansiyel fark farklıdır.
	Paralel devrelerde bulunan aynı özellikteki bir lambanın tek başına daha fazla ışık verir.
	Ampulün yanması için tek bir tel yeterlidir.
	Paralel bağlı devre elemanlarında, direnç değeri büyük olan devre elemanının potansiyel farkı da büyüktür.
	Paralel bağlı lambalar daha parlak yanar.
	Üreteçler paralel bağlandığında (seri bağlantıya göre) lamba daha fazla ışık verir.
	Devredeki direnç sayısı arttıkça, bağlanma şeklinden bağımsız olarak devrenin eşdeğer direnci de artar.
	Paralel bağlı ampuller seri bağlı ampullerden her zaman daha parlak yanar.
	Paralel oluşturulan dirençlerin eşdeğeri en büyük dirençten daha büyüktür.

Elektrik konusuyla ilgili kavram yanılgılarına yönelik yapılan çalışmalardan elde edilen veriler Tablo 3-5'de sunulmuştur. Ayrıca bu konuyla ilgili yapılan birçok çalışmada, erkek öğrencilerin kız öğrencilere göre daha az kavram yanılgısına sahip oldukları belirtilmektedir (Chambers ve Andre, 1997; Sencar ve Eryılmaz, 2002; Shipstone ve diğ., 1988). Bu durum, kız öğrencilerin elektrik konusuna karşı olumsuz tutumlarına dayandırılmaktadır.

İlköğretim düzeyinden itibaren yoğunlaşarak artan bir içeriğe sahip olan elektrik konusunun öğretimine yönelik birçok araştırma yapılmaktadır. Yürütülen çalışmalar ve sonuçları hakkında yapılan analiz sonuçları, alternatif öğretim yaklaşımları adı altında verilmektedir. Bu konuda literatürdeki çalışmaların betimlenmesi öğrenme ortamlarının hazırlanmasında büyük önem taşımaktadır.

2. 4. 3. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Metodolojileri

Elektrik konusunun öğrenciler tarafından nasıl algılandığını belirlemek üzere gerçekleştirilen çalışmaların metodolojilerine ilişkin analizler, Tablo 6'da gösterilmiştir:

Tablo 6. Öğrenci Algılamalarıyla İlgili Araştırmaların Metodolojileri

Çalışmalar (Alfabetik sıraya göre)	Çalışma metodolojisi							Örneklem	Örneklem Seçim Kriteri				
	Enlemsel	Yaş karşılaştırılması	Kültürel karşılaştırma	Tarama metodu	Deneysel	Örnek olay yöntemi	Belirtilmemiş		Gönüllüler	Rastgele	Ölçüt örnekleme	Tabakalı Örnekleme	Belirtilmemiş
Adegoke ve Chukwunenye, 2013					X			Nijerya'da 6. sınıfta eğitim gören 359 öğrenci		X			
Afra, Ostave ve Zoubeir, 2007				X				Beyrut'taki bir Amerikan okulunda 9. sınıfta öğrenim gören 12 öğrenci ($N_{kız}$=7 N_{erkek}=5)					X
Asami ve diğ., 2000					X			10-11 yaş grubu öğrenci		X			
Ateş, 2005					X			152 üniversite öğrencisi		X			
Ateş ve Polat, 2005					X			Fen bilgisi öğretmenliği programında birinci sınıfta öğrenim gören 66 öğrenci		X			
Aykutlu ve Şen, 2011					X			11. sınıfta öğrenim gören 146 öğrenci		X			
Azaiza ve diğ., 2006				X				İlköğretim öğrencileri					
Baser, 2006					X			Sınıf öğretmenliği programında öğrenim gören 89 öğrenci		X			
Borges ve Gilbert, 1999	X							Lise ve teknik okul öğrencileri, öğretmenler, mühendisler, günlük yaşamda elektrik ile ilgili etkinlikler yapan katılımcılar					
Chiu ve Lin, 2005					X			İlköğretim öğrencileri					
Cokelez ve Yurumezoglu, 2009		X						4-8. sınıfları arasında öğrenim gören 428 ilkokul öğrencisi		X			
Çepni ve Keleş, 2006	X							İlk, orta ve yükseköğretimde eğitim gören ve yaşları 11-22 arasındaki 250 öğrenci.					
Çıldır ve Şen, 2006					X			10. sınıfta öğrenim gören 244 öğrenci			X		
Demirci ve Çirkinoğlu, 2004				X				614 Eğitim Fakültesi ve Fen Edebiyat Fakültesi öğrencileri		X			
Demirezen, 2010					X			11.Sınıf öğrencileri ile basit elektrik devreleri konusunda deney ve kontrol grubu oluşturmuştur		X			
Demirezen ve Yağbasan, 2013					X			11.Sınıf öğrencileri ile basit elektrik devreleri konusunda deney ve kontrol grubu oluşturmuştur		X			
Dilber ve Düzgün, 2003					X			78 lise öğrencisi					
Galili ve diğ., 2011								9 yaşındaki 40 ilkokul 4. sınıf öğrencisi, 11 yaşında 40 6. sınıf öğrencisi, 20 öğretmen (3 grup)		X			
Günbatar ve Sarı, 2005					X			27 fizik öğretmeni ve 390 ortaöğretim öğrencisi					

Tablo 6'nın devamı

Gürses, 2006				X		6.sınıfta öğrenimine devam eden 20 deney, 20 kontrol öğrencisi katılmıştır.		X		
Jaakkola ve Nurmi (2008)	X					Yaşları 10-11 arası değişen 66 ilkokul öğrencisi		X		
Jabot ve Henry, 2004		X				İlkokul 3, 4, ortaokul 5, 6, 7 ve 8. sınıf öğrencilerinden oluşan 722 öğrenci			X	
Kallunki ve Lavonen, 2010	X					3, 6 ve 9. sınıf öğrencilerinden altışar olmak üzere toplamda 18 öğrenci	X		X	
Karagöz, 2006				X		9. sınıf öğrencileri		X		
Karagöz ve Özdener, 2007				X		9. sınıftan 66 öğrenci		X		
Karakuyu ve Tüysüz, 2011				X		10. sınıftan 66 öğrenci		X		
Kukkonen, Martikainen ve Keinonen, 2009				X		İlkokul 5. sınıfta öğrenim gören 19 öğrenci ($N_{kız}$=9 N_{erkek}=10)		X		
Küçüközer ve Demirci, 2005					X	25 fizik öğretmeni, 32 fizik eğitimi öğrencisi				
Küçüközer ve Kocakülah, 2007			X			8. sınıfta öğrenim gören 76 öğrenci		X		
Küçüközer ve Demirci, 2008			X			Fizik öğretmeni adayları ve liselerde görev yapan öğretmenler		X		
Mahapatra, 2006			X			26 fizik öğretmeni				X
Maharaj-Sharma, 2011			X			Yaşları 9-11 arasında değişen 15 ilkokul öğrencisi ve gönüllü sınıf öğretmeni	X	X		
Michelet ve diğ., 2007				X		Yaşları 13-16 arasında olan 92 ortaokul öğrencisi			X	
Psillos, 1998				X		13-15 yaş grubunda 147 öğrenci				
Sangam, Jesiek ve Thompson, 2011					X	Purdue Üniversitesi, Creativity and Innovatioan in Engineering kitabı incelemesi				
Satır, 2007	X					Lise öğrencileri, öğretmen adayları ve öğretmenler		X		
Sencar ve Eryılmaz, 2002			X			9. sınıfta öğrenim gören 1678 öğrenci		X		
Sencar ve Eryılmaz, 2004						9. sınıfta öğrenim gören 1678 öğrenci				
Tarekegn, 2009				X		64 (60 erkek, 4 kız) öğrenciden oluşan lise 12. sınıf öğrencileri		X		
Testa ve Michelini, 2005				X		Yaşları 8-11 arası olan 87 öğrenci. (Dördüncü sınıftan 2 şube de ve beşinci sınıftan 3 şube de öğrenim gören öğrenciler)			X	
Testa ve Michelini, 2006			X			21-23 yaşları arasında olan 108 ortaokul ve lise de görev yapan öğretmenler				X
Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010			X			Ortaokul düzeyinde 428 öğrenci (6. sınıftan 163, 7. sınıftan 119 ve 8. sınıftan 146 öğrenci)		X		

Tablo 6'dan da görüldüğü gibi; her yaş ve öğretim seviyesinden ve her kültürden bireylerin elektrik akımı konusunda kavram yanılgısına sahip olduğu görülmektedir. Kavram yanılgılarını düzeltmek amacıyla yapılan çalışmalarda kullanılan metotlar, Tablo 7'de gösterilmiştir:

Tablo 7. Kavram Yanılgılarının Giderilmesi Amacıyla Yapılan Çalışmalarda Kullanılan Metotlar

Çalışmalar	Kullanılan Yöntemler										
	Analoji	Çalışma yaprakları	Kavram Haritaları	Kavramsal Değişim Metinleri	Öğrenme Döngü Modeli	Kavram Testleri	5E	7E	Drama	Deneyler (Uygulama yapma)	Sanal laboratuvarlar
Afra, Ostave ve Zoubeir 2007											X
Ateş, 2005					X						
Ateş ve Polat, 2005					X	X					
Aykutlu ve Şen, 2011	X					X					
Baser, 2006											X
Çıldır ve Şen, 2006			X								
Demirezen, 2010								X		X	
Demirezen ve Yağbasan, 2013								X			
Dilber ve Düzgün, 2008	X										
Erdoğdu, 2011							X				X
Gürses, 2006							X				
İpek ve Çalık, 2008							X				
Jaakkola ve Nurmi, 2008						X					
Jabot ve Henry, 2004											
Karakuyu ve Tüysüz, 2011			X	X		X					
Kukkonen, Martikainen ve Keinonen, 2009										X	X
Mahapatra, 2006						X					
Michelet ve diğ., 2007											X
Sencar ve Eryılmaz, 2002						X					
Sencar ve Eryılmaz, 2002						X					
Tarekegn, 2009						X					
Testa ve Michelini, 2005										X	
Tsai, 2003			X								
Tveita, 2000	X								X		

Tablo 7'den de görüldüğü gibi; kavram yanılgılarını gidermek amacı ile yürütülen bir çalışmada bir veya birden fazla yöntem kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda kullanılan metodun kavram yanılgılarını düzeltmede başarılı olduğu belirtilse de, öğrencilerin sahip oldukları bu kavram yanılgılarının tamamen giderilmediği görülmüştür.

2. 4. 4. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Yürütülen Çalışmaların Veri Toplama Teknikleri ve Analiz Yöntemleri

Elektrik konusunun öğrenciler tarafından nasıl algılandığını belirlemek amacı ile yürütülen çalışmalarda kullanılan veri toplama yöntemleri Tablo 8'de sunulmaktadır:

Tablo 8. Öğrenci Algılamalarını İrdeleyen Çalışmaların Veri Toplama Teknikleri Ve Analiz Yöntemleri

Çalışmalar	Veri Toplama Teknikleri														Analiz Yöntemleri					
	M	ÇSS	AUS	G	SY	AÇST	MDYT	ÇY	KH	KT	BF	E	U	EH	S	K	İ	BY	BA	İA	B
Ateş, 2005		X															X				
Ateş ve Polat, 2005		X															X				
Aykutlu ve Şen, 2011	X					X					X						X		X		
Baser, 2006													X			X			X		
Borges, 2011	X																	X			
Cokelez ve Yurumezoglu, 2009			X																X		
Cosgrove, 2006				X				X									X	X			
Cosgrove ve diğ., 1985	X	X															X	X			
Çıldır ve Şen, 2006	X								X										X		
Demirezen, 2010			X							X			X			X					
Demirezen ve Yağbasan, 2013			X							X			X			X					
Dilber ve Düzgün, 2003			X														X				
Engelhardt ve Beichner, 2004	X	X															X		X		
Ersoy, 2011								X								X					
Galili ve diğ., 2011			X																		
Gürses, 2006								X								X					
İpek ve Çalık, 2008			X																		
Jaakkola ve Nurmi, 2008		X															X				
Jabot ve Henry, 2004						X													X		
Kallunki ve Lavonen, 2010	X															X					
Karakuyu ve Tüysüz, 2011		X	X				X										X				
Kukkonen ve diğ., 2009	X					X							X						X		
Küçüközer ve Kocakülah, 2007	X		X																X		
Küçüközer ve Demirci, 2008						X										X		X			
Lee ve Law, 2001	X									X							X				
Licht, 2008				X						X							X	X			
Mahapatra, 2006						X												X			
Maharaj-Sharma, 2011	X				X													X			
Michelet ve diğ., 2007	X																		X		
Psillos, 1998	X			X				X									X	X			
Psillos ve diğ., 2004				X				X		X							X	X			
Psillos ve diğ., 2005								X		X							X				
Sangam ve diğ., 2011																				X	
Sencar ve Eryılmaz, 2002		X											X						X		

Tablo 8’in devamı

Sencar ve Eryılmaz, 2004		X									X	X	
Shafer ve McDermott, 1992			X			X					X	X	
Shipstone ve Gunstone, 2007						X					X		
Şen ve Eryılmaz, 2011		X					X	X					
Tarekegn, 2009		X									X		
Testa ve Michelini, 2006			X								X		
Testa ve Michelini, 2005	X		X										
Tsai, 2003									X			X	
Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010			X								X	X	

M: Mülakat
AUS: Açık uçlu sorular
ÇSS: Çoktan seçmeli sorular
SY: Serbest yazma
AÇST: Açıklamalı çoktan seçmeli test
MDYT: Mantıksal düşünme yetenek testi
ÇY: Çalışma Yaprakları
G: Gözlem

KH: Kavram haritası
KT: Kavram Testi
BF: Benzetim Formu
E: Eşleştirme
EH: Evet/Hayır sorusu
U: Uygulama yapmayı gerektiren testler

S: Sınıflama
K: Karşılaştırma
İ: İstatistiksel analiz
BY: Betimsel-Yorumsal analiz
BA: Betimsel analiz
İA: İçerik analizi
B: Belirtilmemiş

Tablo 8’den de görüldüğü gibi, yapılan çalışmalarda, genellikle birden fazla veri toplama tekniği ve analiz yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Araştırmanın güvenilirliğini arttırmak, elde edilen bulguları desteklemek ve karşılaştırma yapmak amacıyla birden fazla teknik ve yöntemin kullanıldığı belirtilmiştir.

2. 4. 5. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Bulguları

Elektrik devreleri konusu ile ilgili öğrenci algılamalarını belirlemeye yönelik çalışmalardan elde edilen önemli bulgular Tablo 9’da sunulmuştur:

Tablo 9. Öğrenci Algılamalarıyla İlgili Araştırmalara Ait Önemli Bulgular

Çalışmalar	Önemli Bulgular
Ateş ve Polat, 2005	• Öğrenciler devre elemanlarının şekillerini tanımamaktadırlar. • Öğrenme evreleri modeli, bölgesel düşünme ve paylaşılan akım kavram yanılgılarını gidermede etkisiz kalmaktadır.
Aykutlu ve Şen, 2011	• Ortaöğretim 11. sınıf öğrencileri elektrik konusuyla ilgili birçok kavram yanılgısına sahiptirler. • Öğrencilerin kavram yanılgılarını belirlemek için analoji formları ve kavram testleri birlikte kullanılmalıdır.
Baser, 2006	• Öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarının düzeltilmesi için kullanılması gereken sanal laboratuvarın açık kaynak kodlu ve kullanıcıya özgürce çalışma imkânı sağlayan bir program olması gerekmektedir. • Kullanıcıya kısıtlı imkânlar sunan ve belirli kurallar içinde çalışma imkânı tanıyan programlar, kavram yanılgılarını düzeltmede yetersiz kalmaktadır.
Cokelez ve Yurumezoglu, 2009	İlköğretim öğrencilerinin (4. sınıftan 8. sınıfa kadar) olan fen bilimleri programları ve öğrencilerin buna bağlı olarak kavramları zihinsel modelleri incelendiğinde; zamanla ‘elektrik akımı’ kavramında düzelme olduğu ancak ‘elektrik’ ve ‘elektrik enerjisi’ kavramlarına ait kavram yanılgılarına sahip oldukları görülmüştür.

Tablo 9'un devamı

Coscgrove, 2006	Üç aşamalı öğrenme halkası modeline uygun olarak geliştirilen uygulamaların "akım" kavramının öğretimindeki etkisi araştırılmış. Öğrencilerin kendi ürettikleri benzetmeleri, konuyu öğrenmeleri üzerinde oldukça etkili olmuştur.
Çıldır ve Şen, 2006	Öğrenciler, elektrik konusuyla ilgili birçok kavram yanılgısına sahiptir.
Demirezen, 2010	7E öğretim modeli öğrencilerin başarılarına, kavram yanılgılarının giderilmesine ve bilimsel süreç becerilerinin gelişimine anlamlı bir katkı sağlamaktadır.
Demirezen ve Yağbasan, 2013	7E öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal değişime ve bu değişimin kalıcılığına anlamlı düzeyde bir katkı sağlamaktadır.
Dilber ve Düzgün, 2003	Analoji kullanılan deneysel grubun, kontrol grubuna göre kavram öğrenmede ve fizik dersinde daha başarılı olduğu görülmüş.
Engelhardt ve Beichner, 2004	• "Üreteç sabit akım kaynağıdır" şeklindeki modelin, öğrencilerin elektrik konusunda sahip oldukları zihinsel bir model olduğu belirlenmiştir. • Erkek öğrencilerin kız öğrencilerden elektrik konusuyla ilgili olarak daha başarılı oldukları belirlenmiştir. • Öğrencilerin problem çözerken daha çok akıma odaklandıklarını, potansiyel fark ve rezistans üzerindeki etkilerini karıştırdıkları tespit edilmiştir.
Erdoğdu, 2011	11. Sınıf elektrik akımı ve lambaların parlaklığı konularında 5E öğretim modeli kullanılarak yapılan çalışma sonucunda, deney grubu lehine başarı testlerinde anlamlı bir farklılık bulunurken, tutuma yönelik bir farklılık görülmemiştir.
Jaakkola ve Nurmi, 2008	Simülasyon ile birlikte laboratuvar destekli öğretim uygulamalarına katılan öğrenciler sadece laboratuvar grubunda bulunan öğrencilere göre kavramları öğrenmede daha başarılı olmuştur.
Jabot ve Henry, 2004	• Elektrik konusu ile ilgili PECA isimli testin ilkokul öğrencileri için uygulanabilirliği ölçülmüştür. • Akım ve dirençler hakkında ilkokul öğrencilerinin zihinsel modelleri sınıflandırılmıştır.
Kallunki ve Lavonen, 2010	• Öğrencilerin yaşlarına bağlı olarak DC devreleri hakkında doğru bilgilere sahip olma oranı artmaktadır. Farklı görüşlerin en çok 6. sınıf öğrencileri arasında olduğu belirlenmiştir.
Karakuyu ve Tüysüz, 2011	• 6 haftalık bir uygulama sürecinden sonra, elektrik kavramlarına ait önceki bilgi ve mantıksal düşünme becerisinin her biri öğrencilerin elektrik kavramlarını anlamalarına olumlu katkı yapmıştır. • Kavramsal değişim metinlerinin kullanımının, geleneksel öğretimden daha etkili olduğu tespit edilmiştir.
Kukkonen, Martikainen ve Keinonen, 2009	• 4-5 kişilik gruplar halinde hem simülasyon hem de gerçek laboratuvar ortamında basit bir elektrik devresi oluşturmaları sonucunda doğru devre kuran öğrenci sayısında artış tespit edilmiştir. • Simülasyon, öğrenme ve ölçme aracı olarak kullanılmıştır.
Küçüközer ve Demirci, 2008	Ortaöğretimde fizik öğretmeni olarak çalışanlar, fizik öğretmen adaylarından daha az kavram yanılgısına sahiptirler.
Küçüközer ve Kocakülah, 2007	Öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgıları;1- Günlük dilden kaynaklanan kavram yanılgıları, 2- Öğretmen tabanlı kavram yanılgıları, 3- Genel kavram yanılgıları: Sabit akım kaynağı, 4- Genel kavram yanılgıları: Akımın tükenmesi olarak dört farklı kategoride incelenmiştir.
Michelet ve diğ., 2007	• Ortaöğretim öğrencileri, elektrik konusuyla ilgili kavram yanılgılarına sahiptirler. • Kavram yanılgılarını düzeltmek ve tamamen yok etmek zordur. • Simülasyonlar öğrencilerin kavram yanılgılarını düzeltmede etkilidir.
Psillos ve diğ., 2004	• Öğrenciler, '*akım, devre elemanları tarafından harcanmaktadır.*' kavram yanılgısına sahiptirler. • Öğrenciler, enerji ile akım kavramlarını karıştırmaktadırlar.
Sangam, Jesiek ve Thompson, 2011	*Engineering Fundamentals and Problem Solving* kitabını 3 farklı teorik açıdan incelemiş ve kitaptaki bilgilerin kavram yanılgılarına neden olabildiği belirlenmiştir.
Sencar ve Eryılmaz, 2002	Elektrik devreleri konusuyla ilgili kız ve erkek öğrenciler arasında teorik açıdan fark bulunamazken, laboratuvar uygulamalarında erkek öğrencilerin daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 9'un devamı

Sencar ve Eryılmaz, 2004	Elektrik devreleri konusuyla ilgili erkek öğrencilerin daha başarılı olduğu görülse de, alt kavram yanılgısı kategorilerinde karşılaştırma yapıldığında erkek ve kız öğrenciler arasında farklılık görülememiş hatta paralel bağlı devrelerde eşdeğer direnç önyargısının erkeklerde daha fazla görüldüğü belirlenmiştir.
Shipstone ve Gunstone, 2007	Elektrik enerjisi konusunun kaynak-kullanıcı şeklinde akıl yürütme ile öğretimin sağlanması; akımın harcanması, akım-enerji farklılığı ve bilimsel süreci açıklayabilme yönlerinde deney grubu, kontrol grubuna göre daha başarılı olmuştur.
Tarekegn, 2009	Öğretmen ve öğrenci merkezli bilgisayar simülasyonu kullanan öğrenci grupları, gerçek fizik laboratuvarını kullanan gruba göre hem akademik anlamda daha başarılı hem de gerçek fizik laboratuvarında deney malzemelerini tanıma ve oluşturmada daha etkili oldukları tespit edilmiştir.
Testa ve Michelini, 2006	• İlkokul öğretmenleri elektrik ve lojik devrelerin modellerini uygun olmayan bir yolla anlatmaktadırlar. • Öğretmenler, kendileri için kolay olan modeli seçmektedirler.
Testa ve Michelini, 2005	• Öğrenciler, devre elemanlarını ayrı ayrı düşünmektedirler. Devreyi bir bütün olarak görememektedirler. • Öğrencilerin zihinsel modelleri, "güvenilir" öğretmenlerden etkilenmektedir.
Tiberghien, 2010	Akımın korunumu ve potansiyel farkı konularının elektrik ünitesinde en fazla kavramsal anlama zorluğu olan konular olduğu ve 14-16 yaş grubundaki öğrencilere öğretimi ideal düzeyde gerçekleşmiştir.

Tablo 9'dan da görüldüğü gibi, öğrencilerin ve öğretmenlerin elektrik konusunda sahip oldukları kavram yanılgıların düzeltmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Farklı uygulamalar ile her ne kadar kavramsal değişim ve kavram yanılgılarının düzeltilmesine yönelik olumlu gelişmeler sağlanmış olsa bile, kavramsal değişim sürecinin uzun zaman alacağı ve tam olarak kavram yanılgılarının giderilmesinin mümkün olmadığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Kavram yanılgılarını düzeltmek amacıyla yapılan çalışmalarda, bilgisayar teknolojisinin kullanımı ağırlık kazanmaya başlamıştır. Bireyin sahip olduğu kavram yanılgılarını düzeltmek amacıyla birden fazla ölçme aracının, yöntem ve tekniğin kullanıldığı, yapılan bu çalışmaların öğrenciler üzerinde olumlu etkiler yaptığı görülse de kavram yanılgılarının tamamen yok edemediği ön plana çıkaktadır. Bireylerin sahip oldukları kavram yanılgıları; cinsiyet, öğretmen, ders araçları, öğretim yöntem ve teknikleri, bireyin önbilgileri gibi birçok faktörden etkilenmektedir.

2. 4. 6. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Sonuçları

Elektrik devreleri konusu ile ilgili öğrenci algılamalarını belirlemeye yönelik çalışmalardan elde edilen önemli sonuçlar, araştırmanların soy isimlerine göre alfabetik olacak şekilde Tablo 10'da sunulmuştur:

Tablo 10. Öğrenci Algılamalarıyla İlgili Araştırmalarda Elde Edilen Önemli Sonuçlar

Araştırmacılar	Önemli Sonuçlar
Arnold ve Millar, 2011	Potansiyel farkı konusunun yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı esas alınarak uygulanması, akım ile enerji kavramları arasında farklılığı anlamada, devre tamamlamada, pil ve ampullerin çift kutupluluğu, akımın dolanması, akımın korunumu ve direnç ile akım arasındaki ilişkinin kavramsallaştırılmasında etkili olmuştur.
Ateş ve Polat, 2005	Öğrenme evreleri modeli, kavram yanılgılarının ve kavramsal anlama düzeyindeki güçlüklerin giderilmesinde etkilidir.
Aykutlu ve Şen, 2011	Elektrik konusundaki kavram testinin yanı sıra, öğrencilerin yapmış oldukları analojilerin de, öğrencilerin kavram yanılgılarının belirlenmesinde tamamlayıcı değerlendirme yöntemi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca analoji destekli öğretimin öğrencilerin elektrik akımı konusundaki kavram yanılgılarını gidermede, kavramsal değişimi sağlamada ve öğrencilerin başarılarını arttırmada analoji içermeyen düz anlatım yöntemine göre daha etkilidir.
Baser, 2006	Kullanıcıya özgürce çalışma imkânı sağlayan sanal laboratuvar programları kavram yanılgılarını düzeltmede ve anlamlı öğrenmede daha başarılıdır.
Cokelez ve Yurumezoglu, 2009	Ortaokul düzeyindeki fen bilimleri ders kitaplarında elektrik konusunun düzgün bir sistem içerisinde ve kademeli olarak sunulmaması öğrencilerin elektrik konusuyla ilgili kavram yanılgılarına sahip olmalarına neden olmaktadır.
Cosgrove ve diğ., 1985	Yapılandırmacı öğrenme kuramı temel alınarak yürütülen elektrik akımı konusunun öğretiminde, öğrencilerin düşüncelerinde anlamlı düzeyde bilimsel gelişim sağlanmış ve bu gelişim uzun süre kalıcı olmuştur.
Cosgrove ve diğ., 2006	Nitel teknolojik problemler kullanılarak üç aşamalı yapılandırmacı kurama dayalı elektrik konusunun kalıcılığı üzerinde anlamlı derecede etkili olmuştur.
Çıldır ve Şen, 2006	Öğrencilerin elektrik, elektrik enerjisi ve akım kavramlarını tam olarak kavrayamadıkları ve birbirleri yerine kullandıkları görülmüştür.
Demirezen ve Yağbasan, 2013	• 7E öğretim modeli öğrencilerin kavramsal değişimine olumlu bir katkı sağlamış ve kalıcılığı arttırmıştır. • Öğrencilerin kavram yanılgısını belirlemek için 3 aşamalı sorular içeren testler kullanılmıştır.
Dilber ve Düzgün, 2003	Analoji kullanılarak yürütülen öğretim sürecinin, öğrencilerin kavram yanılgılarını gidermede oldukça etkili olduğu ifade edilebilir.
Engelhardt ve Beichner, 2004	Elektrik devreleri konusuyla ilgili lise ve üniversite öğrencilerinin kavram yanılgılarını ve öğretim yöntemini değerlendirmede kullanılabilecek geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış 29 soruluk çoktan seçmeli bir test geliştirilmiştir.
Jaakkola ve Nurmi, 2008	• Simülasyon ve gerçek laboratuvar ortamlarını birlikte kullanan öğrencilerin akademik başarıları sadece simülasyon ve gerçek laboratuvar ortamlarını kullananlara göre daha etkilidir. • Simülasyon ve gerçek laboratuvarın birlikte kullanımı, teori ile gerçeğin öğrencileri tarafından daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.
Jabot ve Henry, 2004	• Öğrencilerin 3 farklı akım modeli, 5 farklı direnç modeline sahip oldukları görülmüştür. • Araştırmacılar tarafından geliştirilen 20 soruluk PECA (The Path of Electric Current Assessment) testinin elektrik devreleriyle ilgili öğrencilerin zihinsel modellerini ortaya çıkarmada kullanılabileceği gösterilmiştir.
Karakuyu ve Tüysüz, 2011	• Mantıksal düşünme, yürütülen uygulama ve elektrik kavramıyla ilgili önceki bilgiler, öğrencilerin elektrik kavramlarını anlamalarına önemli bir katkı sağlamaktadır. • Öğrencilerin zihinlerindeki kavramsal değişim, bir aydan fazla sabit kalmaktadır.

Tablo 10'un devamı

Kukkonen, Martikainen ve Keinonen, 2009	• Öğrenciler, öğretim programlarında daha erken yaşta açık ve kapalı devre elektrik konularını öğrendikleri için öğrencilerin önbilgileri vardır ve bu önbilgiler yapılan müdahalenin ardından pek fazla değişmemiştir. • Öğrencilerin kavram yanılgılarının değişebilmesi için daha uzun süren çalışmalara ihtiyaç vardır. • Öğrencilerin yapılan uygulamalara rağmen akım ve enerji arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde anlamadıkları sonucuna varılmıştır. • Öğrenciler, simülasyon kullanarak daha yaratıcı çalışmalar yapmışlardır. • Simülasyon, öğrenme ve ölçme aracı olarak kullanılmıştır.
Küçüközer ve Kocakülah, 2007	Elektrik konusunda en çok potansiyel fark, akım ve enerji kavramları üzerinde kavram yanılgılarının olduğu görülmüştür.
Küçüközer ve Demirci, 2008	Liselerde fizik öğretmeni olarak çalışan ve fizik öğretmenliği son sınıftaki adaylar, basit elektrik devreleriyle ilgili birçok kavram yanılgılarına sahiptir.
Lee ve Law, 2001	TGA etkinlikleri sonucunda öğrencilerde kavramsal değişim sağlanmıştır.
Licht, 2008	Elektrik enerjisi konusunun öğretiminde beş aşamalı özgün bir model kullanılması kavram öğretiminde başarılı olmuştur.
Mahapatra, 2006	Öğretmen eğitiminde yaratıcı öğretmen stratejileri içermelidir ve derslerinde kullanmalıdır.
Maharaj-Sharma, 2011	Elektrik konusunda literatürdeki ilgili zihinsel modellere, öğretmenlerinde sahip oldukları sonucuna varılmıştır.
Michelet ve diğ., 2007	• Simülasyonlar ve öğrenme senaryoları öğrencilerdeki kavram yanılgılarını düzeltmede oldukça etkilidir. • Senaryolar ve didaktik değişkenler, öğrencilerin zihinlerinde konuyla ilgili model oluşturmada ve bunu anlamlandırmada oldukça faydalıdır. • Öğrenciler tarafından yapılan tartışma, öğrencilerin zihinsel modellerini tespit etmede etkilidir.
Psillos, 1998	Yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun materyal geliştirilirken öğrencilerin görüş ve önerilerine sürecin her aşamasında dikkat edilmesi, anlamlı öğrenmenin sağlanabilmesi için her aşamanın güncellenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.
Psillos ve diğ., 2005	Yapılandırmacı öğrenme kuramına göre potansiyel farkı ve enerji kavramlarının öğretiminde kapalı devre konusunda yeterlilik ve kavram öğretimi yeterli düzeyde sağlanmıştır.
Sangam, Jesiek ve Thompson, 2011	Kitap ve ders materyallerini değerlendirme amaçlı geliştirilmiş ölçeklerle öğrencilerin sahip olduğu kavram yanılgılarını azaltmak mümkün olabilmektedir.
Shafer ve McDermott, 1992	Elektrik devreleri ile ilgili laboratuvar temelli öğretim için program geliştirilerek geleneksel öğretim ortamlarında kullanımının sağlanmasına yönelik çalışmada, "akımın harcanması" ve "piller sabit akım kaynağıdır" kavram yanılgıları kısmen giderilmiştir.
Tarekegn, 2009	• Fizik öğretiminde bilgisayar simülasyonları, gerçek fizik laboratuvarlarına destek ve ön hazırlık olarak kullanılabilir. • Bilgisayar simülasyonlarının öğrenci merkezli veya öğretmen merkezli uygulamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.
Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010	• Devrenin bir tarafına yoğunlaşan öğrenci, diğer tarafta ne olduğu konusunda doğru bir akıl yürütmede zorlanmaktadır. • Öğrencilerin aynı anda gerçekleşen olayları/olguları yorumlamada güçlük yaşadıkları, bir kavramı diğeri yerine kolaylıkla kullanabildiği, gözlemlenemeyen olgular için bilimsel modeller yerine zihinsel modelleri tercih ettikleri ve öğrencilerin zihinlerinde karmaşık ve bağlantıları kopuk bir enerji-elektrik yapılanmasının varlığına dikkat çekilmiştir.
Kumaş, 2015	Sanal laboratuvar programları, gerçek fizik laboratuvar programlarından sonra kullanılması öğrencilere, ölçüm sonuçlarının tam olması ve kısa sürede ölçüm yapabilme kolaylığı sağlamaktadır.

Tablo 10'dan da görüldüğü gibi, elektrik konusuyla ilgili öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarına, dünyanın her yerinden birçok öğrenci ve öğretmen sahiptir. Bu konuda yapılan çalışmalar, öğrencilerin yaşlarına ve devreler konusundaki deneyimlerine

göre, kavram yanılgılarının ve kavramları anlama düzeyinde karşılaşılan güçlüklerin bulunma oranının değiştiğini göstermektedir (Osborne, 1983; Shipstone, 1985). Shipstone (1985), öğrencilerin hangi yaşlarda hangi kavram yanılgılarına sahip olduklarını detaylı bir şekilde belirlemiştir. Osborne'a göre, öğrencilerin devreler konusundaki zihinsel modelleri yaşları ilerledikçe ve derslerde konuyu öğrendikçe bilimsel modellere doğru geliştiğini fakat ilkokul ve ortaokul kademelerinde öğrencilerin genel olarak kavram yanılgılarını koruduklarını belirtmektedir. Bununla birlikte, gelişen teknolojiye uygun olarak kullanılan simülasyon ve animasyonlar, öğrencilerin zihinsel modelleri üzerinde olumlu etkiye sahiptir. Ayrıca bunlar, birer öğretim aracı ve ölçme-değerlendirme aracı olarak kullanılabilmektedir. Simülasyon ve animasyonlar öğrencilerin anlamlı öğrenme düzeylerini arttırmakta ve gerçek yaşamla daha kolay ilişki kurabilmelerini sağlamaktadır. Elektrik konusuyla ilgili yapılan bu çalışmalarda, öğrencilerin zihinsel modellerini ölçme amacıyla kullanılabilecek, geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış ölçme araçları ve testler de geliştirilerek, farklı örneklemler üzerinde kullanılarak, doğru sonuçlara ulaşılmıştır.

2. 4. 7. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Önerileri

Elektrik konusunda, öğrenci algılamalarını belirlemeye yönelik çalışmalardan elde edilen önemli öneriler, Tablo 11'de sunulmuştur:

Tablo 11. Öğrenci Algılamalarıyla İlgili Araştırmalarda Sunulan Öneriler

Çalışmalar	Öneriler
Ateş ve Polat, 2005	Cinsiyet faktörü ve bireysel farklılığın öğrenme evreleri modelinin uygulamalarındaki etkisi incelenebilir.
Aykutlu ve Şen, 2011	Öğretmenler, öğrencilerin bilişsel seviyesine uygun analojiler seçtiklerinde, öğrencilerde oluşabilecek kavram yanılgıları ve mekanik öğrenmeyi engelleyebilir. Ayrıca analojiler, Ausubel'in anlamlı öğrenme teorisinde tanımladığı ön düzenleyiciler olarak da kullanılabilir.
Cokelez ve Yurumezoglu, 2009	Ortaokul kitaplarında elektrik konusu ele alınırken daha sistemli ve kademeli bir anlatım tarzı benimsenmelidir.
Çıldır ve Şen, 2006	Kavram haritaları sadece ölçme aracı olarak değil, öğretim aracı olarak da kullanılmalıdır.
Dilber ve Düzgün, 2003	Öğretmen, öğrencilerin seviyesine göre analoji tekniğini uygulamalıdır.
Jaakkola ve Nurmi, 2008	Simülasyon ve gerçek laboratuvar ortamları, teori ve gerçeğin anlaşılmasında birlikte kullanılmalıdır.
Jabot ve Henry, 2004	Öğrencilerin akım ile ilgili zihinsel modelleri daha uygun ve doğru iken dirençler için geliştirilen modeller yeterli doğrulukta bulunamadığından dirençler hakkında öğrencilerin zihinsel modelleri araştırılmalıdır.

Tablo 11'in devamı

Karakuyu ve Tüysüz, 2011	Kavram yanılgılarına geri dönme gibi durumun olup olmadığını incelemek amacıyla bir aydan daha uzun zamanda son-testlere gerek olabilir.
Kukkonen, Martikainen ve Keinonen, 2009	Öğretim sürecinde kullanılan simülasyon öğrenci seviyesi için çok kolay olduğunda, öğrenci hızlı bir şekilde düzeneği kurup çalıştırdığı ve olayı tam olarak anlamadığı için kullanılacak simülasyon öğrenci seviyesine uygun, aşırı kolay veya zor olmamalıdır.
Küçüközer ve Kocakülah, 2007	Elektrik konusunun öğretim sürecinde model ve analoji kullanılmalıdır. Örnek model ve analojiler sunulmuş.
Küçüközer ve Demirci, 2008	• Öğretmenler, yeni alternatif öğrenme yöntem ve teknikleri hakkında hizmetiçi eğitimlerde bilgilendirilmelidir. • Fizik kitabı yazarları, elektrik konusunda kavram yanılgısına neden olmamaları için daha dikkatli olmalıdırlar.
Sangam, Jesiek ve Thompson, 2011	Elektrik devreleri konusu dışında diğer konularda da geliştirilen ölçek kullanılabilmeli ve sonuçları incelenmelidir.
Michelet ve diğ., 2007	Elektrik konusuyla ilgili yapılan çalışmada, formül kullanılmadan öğrencilerin kavram yanılgıları tespit edilmiş ve düzeltilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle, kullanılacak simülasyonlarda matematiksel işlemler içeren formüllerle birlikte uygulamalar yapılabildiği takdirde, öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modelleri daha iyi analiz edilebilmeleri ve öğretmenlerin de öğrencilerini değerlendirebilme fırsatı elde etmeleri mümkün olacaktır.
Tarekegn, 2009	• Simülasyonları kullanan öğrenci gruplar ile gerçek fizik laboratuvarı kullanan gruplar arasındaki ilişki, DC devrelerinden farklı bir alanda da incelenmelidir. • Araştırmada öğrencilere kısa süreli ve sadece belirli saatlerde bilgisayar simülasyonu kullanma izni verilmiş. Daha uzun süreli ve öğrencilerin daha fazla bilgisayar simülasyonu ile uygulama yapabilecekleri çalışmalar yapılmalıdır. • Benzer çalışmalarda cinsiyet faktörü de dikkate alınarak karşılaştırmalar yapılmalıdır.
Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010	Elektrik konusu ile ilgili olarak "basit elektrik devresi" yerine "temel elektrik devresi"nin incelenmesi, enerji-elektrik kavramsal ilişkilerinin belirlenmesi ve gözlemlenemeyen olayların doğru bilimsel modellerle desteklenmesi gerekmektedir.

Tablo11'den de görüldüğü gibi, yapılan çalışmalar ve önerilerin çoğu farklı gibi görünse de, genelde çalışmaların daha uzun süreli olması konusunda ve cinsiyete göre çalışma sonuçlarının kıyaslanması önerilmektedir. Michelet ve diğerlerinin (2007) yaptığı çalışmada, simülasyon seçiminde hem matematiksel fonksiyonlarının kullanımına imkân tanıması hem de görsellik olarak öğrenci seviyesine uygun olmasının önemine dikkat çekilmiştir. Ayrıca kullanılacak simülasyonun öğrenciler için uygun düzeyde olması, uzun süreli kullanım imkânı oluşturulması gerektiği vurgulanmaktadır.

2. 4. 8. Öğrencilerin Elektrik Konusundaki Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmalara Dayalı Olarak Dikkate Alınacak Önemli Noktalar

Literatürde yapılan araştırmalar kapsamında, çalışmada dikkate alınması düşünülen noktalarla, araştırmacının kabulleri aşağıda sunulmuştur:

1. Öğrenme yeni bilginin mevcut bilgiyle ilişkilendirilmesi durumunda gerçekleşir. Mevcut bilginin bilimsel tanımlamalarla örtüşmesi veya örtüşmemesi, anlamlı öğrenmeyi etkiler.
2. Öğretmenler, öğrenci algılamalarını bilimsel anlamda geliştirebilmek için enerjiyle ilgili öğrencilerin mevcut bilgileri hakkında kapsamlı bilgi sahip olmalıdır.
3. Elektrik, günlük hayatta her gün sıklıkla karşılaştığımız bir konu olduğundan, öğrencilerin bu konu hakkında zihinlerinde bir modele sahip oldukları düşünülmektedir.
4. Elektrik konusunun kavramsal karmaşıklığı ve bireye özgü algılamalar dikkate alındığında, öğrenci algılamalarının nitel bir yaklaşımla irdelenmesi daha anlamlıdır.
5. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda veri toplama tekniği olarak çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulardan ve mülakatlardan faydalanılmıştır.
6. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen verilerin analizlerinde farklı analiz yaklaşımların varlığı dikkat çekmektedir.
7. Ortaokul, lise ve yükseköğretim düzeyindeki öğrenciler arasında benzer nitelikte yanlış algılamalar vardır.
8. Öğrenciler, elektrik kavramını güncel hayattaki anlamı ile algılamaktadır.
9. Öğrencilerin elektrik ile ilgili bilgilerini yapılandırmada; çevresel şartlar, kültürel inanışlar ve sosyal değerlerin önemli olmadığı yaş ve deneysel çalışma yapma imkânının olmasının daha önemli olduğu görülmüştür.
10. Öğrencilerin önbilgileri değerlidir ve yapılandırılabilir. Bu nedenle öğrencilerin öğretim süresi öncesinde elektrik konusu ve ilişkili kavramlarla ilgili alternatif kavramları belirlenmelidir.
11. Farklı ülkelerde ve farklı yaşlarda öğretim gören öğrenciler üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen veriler dikkate alınarak öğrencilerin en çok altı farklı zihinsel modele sahip oldukları görülmüştür: 1) Tek kutuplu model, 2) Sabit akım kaynağı modeli, 3) Zayıflayan akım modeli, 4) Çarpışan akımlar modeli, 5) Kapalı devre modeli, 6) Bölgesel düşünme.
12. Elektrik konusuyla ilgili öğrencilerin sahip oldukları yanlış kavramları düzeltmek amacıyla kullanılması gereken simülasyon, açık kaynak kodlu ve kullanıcıya özgürce uygulama yapma imkânı tanıyan bir program olmalıdır.

İlgili literatür dikkate alınarak yukarıda sunulan durumların, öğrenme ortamının hazırlanmasında dikkate alınmasının önemli olacağı düşünülmektedir.

2. 4. 9. Elektrik Konusu İle İlgili Alternatif Öğretim Yaklaşımları

Öğrencilerin fizik dersiyle ilgili sahip oldukları kavram yanılgılarının düzeltilmesi için Planinic (2005) dört temel öğretim tekniği vurgulanmaktadır; 1) kavram değişimi, 2) analojileri ilişkilendirme, 3) Socratic diyalog, 4) kavram karmaşası. Bu öğretme tekniklerine dayalı olarak yapılan çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Fen bilgisi öğretmenliği programında birinci sınıfta öğrenim gören 76 üniversite öğrencisi ile yapılan deneysel çalışmada, öğrencilerin elektrik devreleri konusundaki kavram yanılgılarının giderilmesinde, öğrenme evreleri modelinin etkisi araştırılmıştır (Ateş ve Polat, 2005). Araştırmada geliştirilen elektrik devreleri kavram testi ön test ve son test olarak kullanılmıştır. Ön test sonuçlarının analizi, öğrencilerin elektrik devreleri konusunda üç kavram yanılgısına ve devrelerin fiziksel yönlerini anlama düzeyinde de üç probleme sahip oldukları görülmüştür. Son test puanlarının varyans analizi, öğrenme evreleri modelinin ‘güç kaynağını, sabit akım kaynağı olarak algılama’ yanılgısını gidermede geleneksel öğretim yöntemine göre daha etkili olduğunu, fakat ‘bölgesel düşünme’ ve ‘paylaşılan akım’ yanılgılarını gidermede etkisiz kaldığını göstermiştir. Araştırma bulguları, öğrenme evreleri modelinin elektrik devrelerinin fiziksel yönlerini anlama düzeyinde öğrencilerin karşılaştıkları güçlüklerin tamamını gidermede geleneksel öğretim yöntemine göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Aykutlu ve Şen (2011) tarafından 11. sınıfta öğrenim gören 146 öğrenci ile yaptıkları deneysel çalışmalarda analojilerin, öğrencilerin kavram yanılgılarını tespit etmede tamamlayıcı değerlendirme aracı olarak kullanılıp-kullanılamayacağı incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda öğrencilere, elektrik kavram testi uygulanmış ve analoji yaptırılmıştır. Araştırmanın ikinci kısmında ise, öğrencilerin elektrik akımı konusundaki kavram yanılgılarının giderilmesine yönelik bu yöntemlerin etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda elektrik kavram testinin yanı sıra, öğrencilerin yapmış oldukları analojilerin de öğrencilerin kavram yanılgılarının belirlenmesinde tamamlayıcı değerlendirme yöntemi olarak kullanılabileceği ve analoji destekli öğretimin öğrencilerin elektrik akımı konusundaki kavram yanılgılarını gidermede, kavramsal değişim sağlamada ve öğrencilerin başarılarını arttırmada analoji içermeyen düz anlatım yöntemine göre daha başarılı olduğu belirlenmiştir. 10. sınıf öğrencileri ile yapılan çalışmada, analoji kullanan grubun, geleneksel öğretim yöntemi uygulanan gruba göre elektrik akımını ve devreleri ile ilgili sahip oldukları yanlış kavramları düzeltmede daha başarılı oldukları görülmüştür (Ashab, 2001).

Kavramsal değişim metinlerinin, 10. sınıf öğrencilerinin elektrik kavramlarını anlamalarına katkısını ve bunların akılda tutulma durumu araştırılarak mantıksal

düşünmenin, uygulamanın ve elektrik kavramıyla ilgili önceki bilgilerin öğrencilerin elektrik kavramlarını anlamalarına önemli bir katkı sağladığı gösterilmiştir (Karakuyu ve Tüysüz, 2011). Kavramsal değişim metinleri kullanımının, geleneksel öğretimden daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Tsai'nin (2003) 8. sınıf öğrencileriyle yapılan deneysel çalışmada, basit elektrik devreleri ile ilgili öğrencilerin sahip oldukları yanlış kavramların düzeltilmesinde "Çelişki haritaları – Conflict Maps" kullanılarak deney grubunun performansının kontrol grubuna göre çok daha üst düzeyde olduğu belirtilmiştir. Benzer bir çalışmada Gürses (2006) tarafından ilköğretim 6. sınıf öğrencileri ile yapılmıştır. Durgun elektrik konusuna yönelik 5E modeline göre geliştirilen öğrenci çalışma yaprakları ve öğretmen rehber materyallerinin öğrencilerin başarılarını artırdığı, bilişsel ve sosyal gelişimlerini ve kavram öğretimini desteklediği belirtilmiştir. Bunu destekleyen Erdoğdu'nun (2011) araştırmasında, elektrik akımı ve lambaların parlaklığı konularında 5E öğretim modeli kapsamında elektrik akımı başarı testi, lambaların parlaklığı ile ilgili başarı testi ve tutum ölçeğinin kullanılmıştır olup; araştırma sonunda deney grubu lehine başarı testinde anlamlı bir farklılık belirlenirken, tutuma yönelik anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

11. sınıf öğrencileri ile basit elektrik konusunda 7E öğretim modelinin başarıya, bilimsel süreç becerilerine ve bilgilerin kalıcılığına etkisini belirleme amacı ile yürütülen çalışmada; deney grubu öğrencilerin başarılarına, kavram yanılgılarının giderilmesine ve bilimsel süreç becerilerinin gelişimine anlamlı bir katkı sağladığı görülmüştür (Demirezen, 2010). 11. sınıf öğrencilerinin basit elektrik devreleri konusundaki kavram yanılgılarının bilimsel fikirlere doğru değişiminin sağlanması ve bu değişimin kalıcılığı üzerine etkisi incelenerek 7E öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal değişime ve bu değişimin kalıcılığına anlamlı bir katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır(Demirezen ve Yağbasan, 2013).

Tveita (2000) tarafından ortaöğretim öğretmenlerinin desteğiyle yapılan, yıllarca süren ve 'elektriğin drama modeli' isimli çalışmada, öğrencilere birer elektronmuş gibi rol yaptırarak konuyu daha iyi anlayabildikleri, geleneksel ve bilinen diğer yöntemlere (analoji gibi) göre daha başarılı olabilecekleri gösterilmiştir. Araştırmada, öğrencilere dramadan sonra yapılan çalışmaları çizme ve serbest yazma etkinliği yaptırılmış ve araştırmaya katılan öğrencilerin daha kalıcı bir öğrenme sağladıkları ve dersten zevk aldıkları belirtilmiştir. Ayrıca kız öğrencilerinde konuya ilişkin ilgi ve başarı düzeylerinde artış gözlemlenmiş ve kavram yanılgılarını düzeltmede geleneksel yönteme göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Özellikle kız öğrenciler, fizik dersine karşı olumlu görüşlere sahip olmuşlardır. Fakat öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların tamamen yok

edilemediği belirtilmiştir. Son yıllarda elektrik konusuyla ilgili yapılan çalışmalarda sanal laboratuvar programlarının sıkça kullanılması dikkat çekmektedir.

Elektrik devreleri konusu ile ilgili sanal laboratuvar programı kullanarak üç farklı öğrenme ortamından (proje çalışması yapan grup, grup çalışması yapan grup ve bireysel çalışma yapan grup) oluşan deneysel çalışma sonucunda, proje çalışması ve grup çalışması yapan öğrencilerin malzemeleri tanıma ve problem çözme alanında daha başarılı oldukları görülmüştür (Karagöz ve Özdener, 2007). Benzer bir çalışamada, Baser (2006) tarafından 89 ilköğretim öğretmeni adayı ile yapılmıştır. 48 kişiden oluşan deney grubuna 3 hafta süreli sınırsız ve açık uçlu çalışma imkânı sunan 'kavramsal değişim koşullarına uygun simülasyon (CSS-Conditional Change Conditions)', 41 kişilik kontrol grubuna da belirli kurallar içerisinde çalışma imkânı sunan 'geleneksel durumlu simülasyon (TCS-Traditional Confirmatory Simulation)' uygulanmıştır. Öntest-sontest kontrol gruplu deneysel çalışma sonucunda, CSS kullanan deney grubunun TCS kullanan gruba göre elektrik devreleri ve akımını anlama düzeylerinde anlamlı bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 11 hafta sonunda son testin tekrar uygulandığında, deney grubunun elektrik kavramları ve elektrik devreleriyle ilgili daha başarılı oldukları tespit edilmiştir.

Hodge (2000) tarafından "Elektrik Devreleri" dersi için yapılan deneysel çalışmada, uygulamaya katılan öğrencilere yanlış bağlanmış ve yanlış malzemelerle kurulmuş devreler içeren sorular yöneltilerek sorunu çözmeleri istenmiştir. Çalışma sonucunda, sanal laboratuvar programı kullanan öğrenci grubunun daha başarılı olduğu görülmüştür. Benzer çalışma Michelet ve diğerleri (2007) tarafından 92 ortaöğretim öğrencisiyle yapılmıştır. Simülasyon kullanan öğrencilerin başarılarının yükseldiği tespit edilmiştir.

Biel, Vento ve Costa-Castelló (2010) tarafından üniversite öğrencileriyle elektronik dersinde sanal laboratuvar programlarıyla yapılan deneysel çalışma sonucunda, sanal laboratuvar programlarının gerçek laboratuvar ortamlarına bir destek olarak kullanılabileceğini ve yapısalcı bir öğrenme ortamı oluşturarak öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmelerine yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca ortaöğretim fizik derslerinde elektrik konusunun öğretiminde sanal laboratuvar programlarının kullanımının öğrencilerin akademik başarılarını, ilgilerini ve kavramsal öğrenmeyi artırdığı ve gerçek fizik laboratuvar ortamında deney malzemelerini tanıma ve performanslarında artış olduğu tespit edilmiştir (Bozkurt, 2008; Özdener ve diğ., 2005).

Bull ve diğerlerinin (2007) yaptıkları çalışmada, üniversite öğrencilerinin sahip oldukları kavram yanılgılarının giderilmesinde 'açık öğrenen modelli yazılımların' kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır. Böylelikle öğrenci, geliştirilen yazılımı kullanarak sınırsız deney yapma ortamına sahip olup, grafiksel ve yazı şeklinde dönütler alabilmekte ve öğrenmeyi kolaylaştırabilmektedir. OLMlets (Open Learner Models) isimli yazılım,

öğrenciye bağımsızca deney yapabilme imkânı tanımakta ve kavram yanılgılarıyla ilgili bağlantılar verilerek öğrencilerin bunlarla yüzleşmesi sağlamaktadır.

Jaakkola ve Nurmi (2008) yaşları 10-11 arasında olan 66 ilköğretim öğrencisiyle yaptığı çalışmada, 3 farklı deney grubu kullanmıştır: 1- online simülasyon programı kullananlar, 2- simülasyon ve gerçek laboratuvarı kullananlar, 3- sadece gerçek laboratuvar ortamını kullananlar. Araştırma sonucunda, sadece simülasyon kullanan ve gerçek laboratuvar ile simülasyonu birlikte kullanan deney gruplarının geleneksel gruba göre daha başarılı oldukları görülmüştür. Ayrıca simülasyon ve gerçek laboratuvarı birlikte kullanan grupta bir DC devresinde akımın dağılması ile ilgili yanlış kavramların en fazla düzeldiği görülmüştür. Ayrıca simülasyonun teorik elektrik kurallarını anlamada ve akımın dağılımı ve doğru akım devre analizini açıklamada öğrencilere yardımcı olduğu belirtilmiştir. Simülasyon ve laboratuvar ortamlarının birlikte kullanımının teori ve gerçek arasında ilişki kurmada daha başarılı olduğu belirtilmiştir.

Tarekegn (2009) tarafından 12. sınıfta öğrenim gören 64 öğrenci ile yapılan deneysel çalışmada, bilgisayar simülasyonlarını farklı bir bakış açısıyla incelemiştir. Bu kapsamda 3 farklı grup oluşturmuştur: 1) Öğretmen merkezli bilgisayar simülasyonu kullanan grup, 2) Öğrenci merkezli bilgisayar simülasyonu kullanan grup, 3) Gerçek deney malzemeleri kullanan grup. Araştırmada DC (doğru akım) devre kavramları için kullanılan test, Engelhardt ve Beichner tarafından geliştirilen 29 soruluk çoktan seçmeli testin 19 sorusu kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, bilgisayar simülasyonu kullanan deney gruplarının geleneksel laboratuvar yöntemini kullanan öğrenci grubuna göre akademik başarılarında daha fazla artış görülmüş ve daha hızlı bir şekilde deney düzeneklerini hazırladıkları gözlemlenmiştir.

Afra, Ostave Zoubeir'in (2007) Beyrut'taki bir Amerikan okulunda 9. sınıfta öğretimine devam eden yaşları 14-15 civarında olan 12 öğrenci ($N_{kız}$=7, N_{erkek}=5) ile yaptığı çalışmada öğrencilerin elektrik konusuyla ilgili sahip oldukları kavramlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için elektrikle ilgili temel prensipleri içeren ankete dayalı bir modül uygulanmıştır. DIRECT isimli bir program kullanılarak öğrencilerin anlamalarını ölçen bir sontest ve eğitici test uygulanmıştır. Araştırma sonucunda öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramlar belirlenmiştir. Ayrıca ankete dayalı yaklaşımın katılımcıların kavramsal anlamalarını arttırdığı görülmüştür.

Yukarıda belirtilen çalışmalarda ortak nokta; hangi yöntem ve teknik uygulanırsa uygulansın öğrencilerin alternatif kavramları bilimsel kavramlara tam olarak dönüştürülememiştir. Fakat özellikle son yıllarda yapılan çalışmaların daha çok bilgisayar ve sanal laboratuvar destekli olduğu, bunun da öğrenciler ve öğretmenler açısından daha etkili olduğu görülmektedir.

3. YÖNTEM

Çalışmada, elektrik konusu ile ilgili kavramlara ilişkin öğrencilerin zihinsel modellerinin ve bilimsel esaslarının belirlenmesi, öğretmenlerin sanal laboratuvar destekli öğretim uygulamalarına ilişkin görüşlerinin tespit edilmesi öngörülmektedir. Literatüre dayalı olarak hazırlanan Tablo 6, 7 ve 8 incelendiğinde, öğrenci algılarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda daha çok tarama, öğrenci algılamalarını geliştirmeye yönelik yapılan çalışmalarda da çoğunlukla deneysel yöntemin kullanıldığı görülmektedir. Fakat elektrik ile ilgili kavramların öğretiminin zorluğu ve karmaşıklığı dikkate alındığında (bkz. '2.4.1. Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamaları' başlığı), bireyler bazındaki öznelliklerin ortaya çıkarılması için çalışmanın hem nitel hem de nicel yaklaşımla irdelenmesi gerekli hale gelmektedir.

Araştırmanın amacı doğrultusunda öğrencilerin zihinsel gelişimlerinin tespit edilme süreci, farklı yöntemlerin belirli bir grup üzerinde kullanılmasıyla da mümkün olabileceği düşünülmüştür. Deneysel çalışmaları güçlendirmek amacıyla özel durum yönteminden faydalanılabilmektedir (Robson, 1993). Özel durum çalışmalarında, araştırmacı konuyla ilgili derinlemesine bir inceleme yürüttüğünden nitel ve nicel veri toplama yöntemlerinin her ikisinden yararlanabilmektedir. Ayrıca nitel çalışmalarda bireylerin incelenen konu ile ilgili kanaatleri, tecrübeleri, algıları ve duyguları gibi özel veriler ele alındığından (Çepni, 2005; Kurnaz, 2011; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2011) çalışma için uygun olduğu ön plana çıkmaktadır.

Yürütülen araştırma kapsamında veriler; nitel ve nicel yöntemler kullanılarak elde edilmiştir. Nicel verilerin elde edilmesinde, ön test-son test kontrol gruplu deneysel desen kullanılmıştır. Deneysel araştırma; etkeni ölçülecek bir değişkenin belirli kurallar ve koşullar altında deneklere uygulanması, deneklerin değişkene verdiği tepkilerin ölçülmesi ve sonuçların karşılaştırılarak değerlendirilmesini gerektirmektedir (Çepni, 2007; Kan, 2013; Sümbüloğlu, 1998). Tek grup öntest-sontest uygulayarak öğrenci düzeylerinin belirlenebilmesi bir avantaj olarak görülmektedir. Böylelikle bağımlı değişkende herhangi bir değişim olup olmadığı saptanabilir. Bu tür çalışmalarda, bağımsız değişkenin etkisini ölçmek amacıyla kısa süreli uygulamalar gerçekleştirilmelidir (Cohen ve Manion, 1994). Araştırmanın uygulama süresi dikkate alındığında, yöntemin uygun olduğu ön plana çıkmaktadır.

Araştırmanın uygulama öncesinde ve uygulama sürecinde gerçekleştirilen mülakatlar, gözlemler, öğretim materyallerinin analizi, informal görüşmeler ile uygulama sonucunda yapılan yarı yapılandırılmış mülakatlar bu çalışmanın nitel verilerini temsil

etmektedirler. Nicel veriler değerlendirilirken, bağımsız değişkenlerin (7E öğretim modeline dayalı sanal laboratuvar destekli öğretim uygulamaları), bağımlı değişken (öğrencilerin zihinsel modelleri) üzerindeki etkileri ve geliştirilen Kavram Testi dikkate alınmıştır.

3. 1. Araştırma Modeli

Eğitim alanında yapılan bilimsel çalışmalar insan davranışlarını konu aldığından fen bilimlerindeki geleneksel yöntemler yetersiz kalmaktadır. Araştırmanın geçerlilik ve güvenilirliğini arttırmanın bir yolu da varsayım ve sınırlılıkları mümkün olduğunca en aza indirip, doğal ortamda çalışmaları sürdürebilmektir (Çepni, 2007). Yürütülen araştırmada uygulama okullarında görev yapan öğretmenler ile çalışılmıştır. Araştırmacı derslere katılarak, fizik öğretmenlerine asistanlık yapmıştır. Süreç boyunca yapılan tüm çalışmalar gözlemlenerek, gözlem formları ile kayıt altına alınmış ve elde edilen veriler nitel veri kapsamında değerlendirilmiştir.

Eğitim araştırmalarında elde edilen verilerin nitel ve nicel özellikler taşıması, bu verilerin birbirini desteklemeleri açısından önemlidir. Yürütülen araştırma kapsamında, yapılan literatür çalışmaları ve uzman değerlendirmeleri sonucunda oluşturulan ‘Basit Elektrik Devreleri Kavram Testi’ kullanılmıştır (Ek-7). Açık uçlu sorulardan oluşan bu sınavın dışında gözlemler, fotoğraf kayıtları, mülakatlar ve geri dönüt formları kullanılmıştır. Araştırma yöntemi kapsamında kullanılan veri toplama araçlarının uygulamalarıyla ilgili desen, Tablo 12’de yer almaktadır.

Tablo 12. Araştırma Yöntemi Kapsamında Kullanılan Veri Toplama Araçları

Uygulamalar	Nicel	Nitel
Öncesinde	Elektrik konusuna yönelik Kavram Testi	Ön Görüşmeler
Sürecinde	Çalışma yaprakları Sanal laboratuvar dosyaları	Gözlem
Sonrasında	Elektrik konusuna yönelik Kavram Testi	Yarı yapılandırılmış mülakat

3. 2. Araştırma Grubu

Araştırmada geliştirilen materyaller ile ilgili görüş bildiren uzman grubunu; KTÜ Fatih Eğitim Fakültesinde görev yapan üç fizik eğitimcisi, fizik eğitimi alanında doktorasını

tamamlamış bir fizik öğretmeni oluşturmaktadır. Çalışmaya katılan fizik eğitimi uzmanlarının özellikleri, Tablo 13'de gösterilmektedir.

Tablo 13. Fizik Eğitimi Uzmanlarının Özellikleri

Uzmanlar	Cinsiyeti	Ünvanı
U1	Erkek	Prof.Dr.
U2	Erkek	Doç.Dr.
U3	Kadın	Doç.Dr.
U4	Erkek	Dr.

Çalışmada ayrıca geliştirilen materyaller ile ilgili olarak İstanbul ilinde çeşitli liselerde görev yapan altı fizik öğretmeni ile bir elektrik öğretmeninin de görüşleri alınmıştır. Fizik öğretmenlerinden 3'ü Anadolu Lisesi, 4'ü Genel Lisede görev yapmaktadır. Katılımcı öğretmenlerin mesleki deneyimleri 6 ile 23 yıl arasında değişmektedir. Tablo 14'den de görüleceği üzere; Fizik Öğretmenleri "Ö", meslek lisesinde elektrik öğretmeni olarak görev yapan Elektrik Öğretmeni ise "EÖ" ile kodlanmıştır.

Tablo 14. Örneklemdeki Öğretmenlerin Özellikleri

Öğretmen	Cinsiyeti	Yaşı	Mesleki Deneyimleri (yıl)	Çalıştığı Kurum
Ö1	Kadın	45	23	Genel Lise
Ö2	Kadın	47	20	Genel Lise
Ö3	Kadın	30	6	Genel Lise
Ö4	Erkek	39	15	Genel Lise
Ö5	Kadın	42	20	Anadolu Lisesi
Ö6	Erkek	45	22	Anadolu Lisesi
Ö7	Kadın	41	19	Anadolu Lisesi
EÖ	Erkek	38	15	Meslek Lisesi

Çalışmaya katılan 7 fizik öğretmenine de Ek 13'deki sanal laboratuvar programı kullanışlılık eğitimi ve geliştirilen ders materyali ve uygulama hakkında bilgiler verildikten sonra yarı yapılandırılmış mülakatlar yapılarak görüşleri alınmıştır.

Çalışma kapsamında tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerle gerçekleştirilen pilot uygulamasını, 2012-2013 öğretim yılının 1. yarıyılında, İstanbul ili Küçükçekmece ilçesinde bulunan bir Genel Lise'de eğitimine devam eden ve 'Seçmeli Bilgi ve İletişim Teknolojileri' dersini alan 46 öğrenci ($N_{kız}$=32, N_{erkek}=14) oluşturmaktadır. Çalışma yapıldığı tarihte "Genel Lise" olan okulun türü, Mayıs 2013 tarihinden sonra ise "Anadolu Lisesi" olarak değişmiştir.

Araştırma kapsamındaki asıl çalışma grubunu 2012-2013 eğitim-öğretim yılında İstanbul ili Küçükçekmece ilçesindeki Anadolu Lisesi-1 (N=22) ve Anadolu Lisesi-2'de

(N=22) dokuzuncu sınıfta öğrenim gören toplam 44 öğrenci oluşturmaktadır. Anadolu Lisesi-1'in BT sınıfındaki fiziki koşulları, Anadolu Lisesi-2'ye göre daha iyi olmakla birlikte iki okulda birbirine yakın mesafededir. Ayrıca Anadolu Lisesi-1'i tercih eden öğrencilerin SBS (Seviye Belirleme Sınavı) puanları diğer okula göre daha yüksek olup, veliler ve öğrenciler tarafından tercih edilen bir okuldur. Çalışma gruplarının birinci yarıyıldaki fizik dersi not ortalamaları karşılaştırılmıştır. Bağımsız t-testi ile gerçekleştirilen bu incelemede, öğrencilerin fizik dersi notları arasında anlamlı bir farklılığın tespit edilmediği ($p>.05$) ve fizik notları açısından grupların denk olduğu belirlenmiştir. Ayrıca her bir okulda birer kontrol grubu sınıfı seçilmiş olup, uygulamalara katılan çalışma grubunun demografik özellikleri Tablo 15'de gösterilmiştir.

Tablo 15. Araştırmaya Katılan Çalışma Grubunun Demografik Özellikleri

Yapılan Çalışmalar	Okul	Grup	Sınıf ve Şubesi	N_{erkek}	$N_{kız}$	N_{Toplam}
Pilot Uygulama	Genel Lise	Seçmeli Bilişim Teknolojileri dersi alan öğrenciler		32	14	46
Asıl Uygulama	Anadolu Lisesi-1	Deney Grubu	9-C	13	9	22
		Kontrol Grubu	9-B	10	11	21
	Anadolu Lisesi-2	Deney Grubu	9-A	10	12	22
		Kontrol Grubu	9-F	11	10	21
Asıl Uygulamaya Katılan Öğrencilerin Toplamı				44	42	86

Araştırma kapsamındaki uygulamalar, örneklemdeki okullarda görev yapan fizik öğretmenleri tarafından yürütülmüştür. Bu süreçte araştırmacı, özellikle BT sınıflarındaki uygulamaların sorunsuz bir şekilde yürütülmesine yardımcı olmuştur. Araştırmanın pilot ve asıl uygulama çalışmasına katılan tüm öğrencilere Ek 13'de gösterildiği gibi sanal laboratuvar programlarının kullanışlılık eğitimi verilmiştir.

3. 3. Araştırmanın Tasarım ve Uygulama Aşamaları

Bu bölümde, araştırmanın başlangıç aşamasından veri analizine kadar olan süreç ile ilgili çalışma basamakları hakkında bilgiler verilmiştir.

3. 3. 1. Başlangıç Aşaması: Araştırma Konusunun Belirlenmesi

Araştırma sürecinin ilk aşamasında, ortaöğretim fizik dersi yeni öğretim programının Milli Eğitim Bakanlığınca 2008-2009 eğitim öğretim yılında uygulamaya konulan şekli ele alınmıştır. Çalışmanın uygulamalarının yapıldığı 2013-2014 eğitim öğretim yılında ise, fizik

dersi öğretim programı tekrar değişmiş ve “Elektrik ve Manyetizma” ünitesi 10. sınıfa alınmıştır. Konu içeriğinin aynı olması ve ortaöğretim fizik ders programlarındaki önemli konulardan biri olması nedeniyle çalışmaya devam edilmiştir.

Araştırmaya başlarken üzerinde çalışılacak konunun; gerçekte yapılması zor ya da tehlikeli olması, öğrencilerin kavram yanılgılarının fazla olması (Aycan ve Yumuşak, 2003; Barrow, 2000; Çepni ve Keleş, 2006; Çıldır ve Şen, 2006; Dilber ve Düzgün, 2003; Findlay, 2010; Gök ve Erol, 2002; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Küçüközer ve Demirci, 2005; Küçüközer ve Kocakülah, 2007; Küçüközer ve Kocakülahlı, 2007; Lee ve Law, 2001; Moreira ve Dominguez, 1987; Osborne, 1983; Pardhan ve Bano, 2001; Shaffer ve Mcdermott, 1992; Shipstone ve diğ., 1988), sanal laboratuvar programının kullanımı için uygun olması ve öğretmenler açısından öğretiminin zor olması (Bozkurt, 2008; Dornelers ve diğ., 2010; Karagöz, 2006) gibi özellikler dikkate alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 7 fizik öğretmeni ile öğretim sürecinde zorluk yaşadıkları fizik konularına yönelik yarı yapılandırılmış mülakatlar yürütülerek soyut kavramlar içeren, günlük yaşamda sıklıkla karşımıza çıkan bir konu dikkate alınarak çalışılacak ünite belirlenmiş ve “Elektrik Akımı” üzerinde çalışma yapılmasına karar verilmiştir. Araştırma yapılacak konunun sanal laboratuvar programı kullanımını destekleyecek nitelikte ve öğretiminin zorluğuna bağlı olarak farklı öğretim yöntem ve tekniklerinin uygulanmasına ihtiyaç duyulan bir konu olması dikkate alınmıştır.

3. 3. 2. Planlama Aşaması

Araştırma kapsamında ortaöğretim dokuzuncu sınıf fizik dersinde “Basit Elektrik Devreleri” konusuna yönelik olarak yapılandırmacı yaklaşım çerçevesinde, sanal laboratuvar programıyla desteklenmiş 7E öğretim modeline uygun olarak bir öğrenme ortamının tasarlanıp uygulanması ve hazırlanan ortamın etkililiğinin (öğrenci açısından alternatif fikirlerinin giderilmesi, eksik bilgilerinin tamamlanması ve zihinsel modellerinin geliştirilmesi üzerindeki etkileri; öğretmen açısından öğrenme ortamının hazırlanması ve uygulanması hakkındaki görüşleri) incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda yürütülen araştırma, sekiz aşamalı olarak planlanmıştır:

1. *Araştırma Konusunun Belirlenmesi:* Hangi konu kapsamında araştırma yürütüleceğine yönelik olarak, alan uzmanları ve ortaöğretimde görev yapan fizik öğretmenleri ile çeşitli görüşmeler yapılmış, literatürdeki çalışmalar ve uygunluk düzeyi dikkate alınarak çalışılacak konu belirlenmiştir.

2. *Literatür Taraması:* Belirlenen konu ile ilgili literatür taraması yapılmıştır.

3. *İhtiyaç Analizi Çalışması:* Yapılacak araştırmada, fizik öğretmenlerinin görüşleri alınarak “ihtiyaç analizi çalışması” yürütülmüştür.

4. *Değişkenlerin Belirlenmesi:* İhtiyaç analizi sonunda, araştırmanın değişkenleri belirlenmiştir.

5. *Uygulama Materyalinin Geliştirilmesi:* Uygulama aşamasında kullanılacak rehber materyal hazırlama çalışmaları yürütülmüştür. Ayrıca çalışmada kullanılacak farklı sanal laboratuvar programları incelenmiştir. Kullanılması uygun bulunan sanal laboratuvar programının derse etkin bir şekilde bütünleştirilmesi sağlanmıştır.

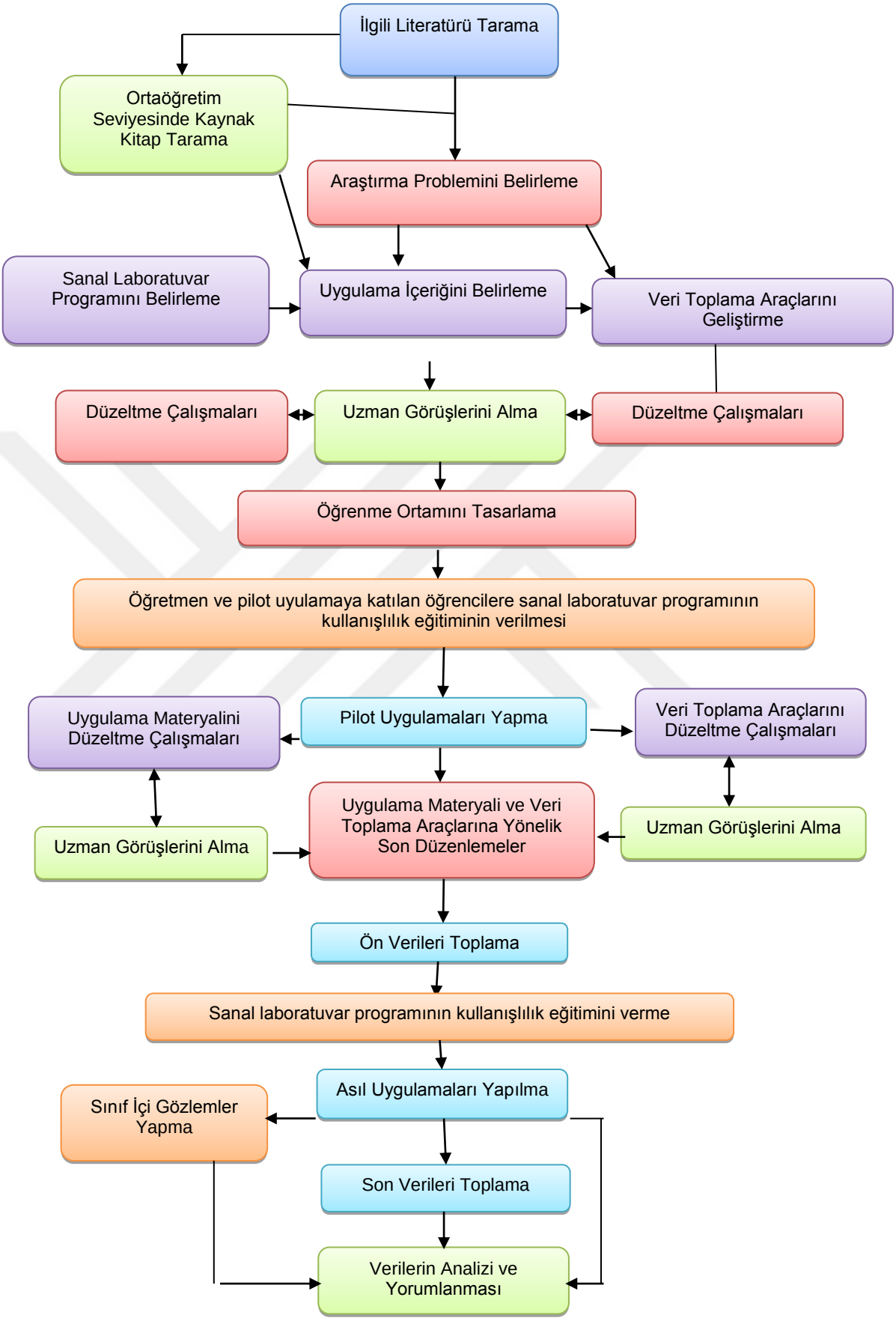
6. *Materyalin Denenmesi:* Hazırlanan uygulama materyalleri, öncelikle fizik eğitimi alanında uzman kişilere ve ortaöğretimde görev yapan fizik öğretmenlerine incelettirilmiş ve birinci pilot uygulama ile test edilmiştir.

7. *Materyalin Yeniden Düzenlenmesi:* Bu aşamada, birinci pilot uygulama ile test edilen uygulama materyalinde tespit edilen hatalar düzeltilmiştir. Örneğin; çalışmada kullanılması planlanan Edison5 isimli sanal laboratuvar programının ortaöğretim öğrencileri için yeterince kullanışlı olmaması nedeniyle, Crocodile Physics 401 ve Phet programlarının kullanılmasına karar verilmiştir.

8. *Veri Toplama Araçlarının Geliştirilmesi:* Araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapıldığı aşamadır. Bu kapsamda; başarı testleri, mülakat soruları, öğretmen rehber materyalinin geliştirilmiş ve öğrenci çalışma yaprakları oluşturulmuştur. Bu süreçte, materyal geliştirmeye yönelik diğer basamaklar aşağıda sıralanmıştır:

a) Sanal laboratuvar programı ile uygulama yapılacak deneylerin belirlenmesi.
b) Kavram Testindeki ve çalışma yapraklarındaki örneklerin ve soruların belirlenmesi.
c) Öğretmen rehber materyallerinin hazırlanması.
d) Öğrenci çalışma yapraklarının hazırlanması.
e) Kavram Testinin hazırlanması.
f) Gözlem formlarının hazırlanması.
g) Mülakat sorularının hazırlanması.

Yapılan çalışmaların genel bir bakış açısıyla irdelenebilmesi için gerçekleştirilen işlemler, Şekil 26’da gösterilen akış diyagramında özetlenmiştir.



Şekil 26. Çalışma tasarımının şematik gösterimi

3. 3. 3. Ön Çalışma Aşaması

Araştırma kapsamında geliştirilen materyalin pilot uygulaması 2012-2013 eğitim-öğretim yılının güz döneminde, İstanbul Küçükçekmece'deki bir Genel Lise'de gerçekleştirilmiştir. Araştırmacının görev yaptığı okulda 'Seçmeli Bilgi ve İletişim' dersinde dokuzuncu sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Araştırmaya katılan tüm öğrencilere, sanal laboratuvar konusunda kullanışlılık eğitimi verilmiştir. Araştırma kapsamında toplam 14 ders saati (7 hafta) boyunca yürütülen uygulamalar ile ölçme ve değerlendirme sürecindeki çalışmalar, karşılaşılan sorunlar ve bu sorunların çözümüne yönelik alınan tedbirler Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Pilot Uygulama Sürecinin Gösterimi

Haftalar	Yapılan Çalışmalar	Yaşanan Sorunlar	Alınan Tedbirler
1	• Kavram Testinin uygulanması • Yapılacak çalışmalar konusunda öğrencilerin bilgilendirilmesi	• Seçmeli Bilgi ve İletişim dersinde fizik dersinden bir konunun işlenilmek istenmemesi • Merak uyandırma aşamasındaki soru sayısının fazla ve zor olması	• Etkinliklere katılım oranında ders notuna olumlu bir katkı sağlayacağının belirtilmesi • Etkinliklerin sonunda öğrencilerin bilgisayarda oyun oynamaları için süre verileceğinin belirtilmesi • Merak uyandırma aşamasındaki soru sayısının azaltılması ve bazı soruların değiştirilmesi
2	• Uygulamaların yapılacağı bilgisayarlara, sanal laboratuvar programları (Edison5, Crocodile Physics 401 ve Phet) yüklenerek katılımcı öğrencilere sanal laboratuvar programı kullanışlılık eğitimi verilmesi	• Edison5 programının 3-boyutlu olmasından dolayı öğrenciler devre elemanları arasında kabloları bağlamada sorun yaşadıkları, devreyi doğru olarak oluşturamamaları • Öğrencilerin programı kolay kullanamadıkları zaman, derse karşı isteksiz ve ilgisiz kalmaları	• Edison5 programı yerine Crocodile Physics 401 programının kullanılmasına karar verilmesi
3	• Crocodile Physics 401, Phet programlarının kullanışlılık eğitiminin verilmesi	• Sanal laboratuvar programında elektrik haricinde diğer fizik konuları ile ilgili birçok deney ortamı olduğundan, öğrencilerin farklı ortamlarda deney yapma imkânı bulunmaları ve zaman harcamaları	• Programın doğru kullanımı için farklı deney ortamlarının gösterilmesi • Öğrencilerin programı keşfedebilmesi için bir ders saatine yakın bir süre pratik yapmalarının sağlanması

Tablo 16'nın devamı

4	• Öğrencilere çalışma yaprağının aşamalı olarak dağıtılması • İlk aşamada "Merak Uyandırma" ve "Keşfediyorum" bölümleriyle ilgili sayfaların dağıtımı ve gerekli açıklamaların sınıf içerisinde yapılması	• Merak uyandırma aşamasındaki soruların fazla olması ve bazılarının anlaşılmaması nedeni ile yeniden düzenlenmesi • Dağıtılan çalışma yapraklarının sonraki derslerde bazı öğrenciler tarafından unutulması	• Soru sayısının azaltılması • Anlaşılmayan soruların düzeltilmesi
5	• İkinci aşamada dağıtılan çalışma yapraklarındaki "Keşfetme", "Açıklama" ve "Detaylandırma" aşamalarının yapılmasının istenmesi • BT sınıfındaki bilgisayarlarda yüklü sanal laboratuvar programı kullanılarak çalışma yapraklarındaki etkinliklerin yapılmasının sağlanması	• Sanal laboratuvar programı kullanılarak devre oluşturmada sorunların yaşanması. Özellikle devreyi oluşturan nesnelere ulaşmada sorunların çıkması • Bazı grupların uygulamaları dikkatle takip edip katıldığı gözlenirken, bazı grupların çalışmalara girmede istekli olmaması	• "Keşfetme" aşamasında öğrencilerden çeşitli şekillerde bağlanmış elektrik devreleri için verileri kaydetme ve hesaplama yapmaları amacıyla tablo sayısının arttırılması • Öğrencilerin etkinlikleri daha hızlı yapabilmeleri amacıyla çeşitli yönergelerin eklenmesi
6	• Üçüncü aşamada dağıtılan çalışma yapraklarındaki "İlişkilendirme", "Paylaşma" ve "Değerlendirme" aşamalarının yapılmasının istenmesi • BT sınıfında çalışma ortamına devam edilerek yapraklarındaki etkinliklerinin yapılması	• Yapılan etkinlikler için sınıf ortamında tartışma yapılmasında isteksiz olunması	• Öğretmenler için sınıf içi tartışma ortamının oluşmasını sağlamak amacıyla, rehber materyale yönergelerin eklenmesi
7	• Son testin uygulanması • Yarı yapılandırılmış mülakatların yürütülmesi	• Uygulamalar süresince herhangi bir olumsuz durumla karşılaşılmaması	• Sontest için bir ders saati ve ders dışındaki zamanlarda öğrencilerle mülakatlar yapılmasına karar verilmesi

Tablo 16'daki veriler dikkate alınarak pilot uygulama sürecinde oluşan olumsuzlukların giderilmesi için asıl uygulamada alınacak tedbirler aşağıda belirtilmiştir:

- Merak uyandırma aşamasındaki soru sayısı azaltılmış ve bazı sorular değiştirilmiştir.
- Öğrencilerin sanal laboratuvar programıyla oluşturdukları farklı deney düzeneklerindeki değerleri not edebilmeleri için tablo sayısı arttırılmıştır.
- Ünitenin hedeflerine uygun olarak ders içeriği, alt konu sayısı, örnek sayısı ve uygulama sayıları arttırılmıştır.

- Tek bir sanal laboratuvar programının yetersiz olduğu görülmüş, gerekli yerlerde diğer yazılımlardan da faydalanılmıştır.
- Anlaşılmayan yönerge ve açıklamalar düzeltilmiştir.
- Öğrencilerin daha rahat grafik çizebilmeleri için kareli bir grafik alanı hazırlanmıştır.
- Öğrencilerin istedikleri gibi deney düzeneği kurması için her derste ek süre verilmiştir.
- Öğrenciler, alışa geldikleri öğrenme yöntemleri dışındaki uygulamalara karşı olumsuz tutum sergilemektedirler. Bu durumu aşmak için öğrencilere, yapılacak etkinliklerden sonra not verileceği ve dönem sonuna doğru ödüllendirme (bilgisayarda oyun oynama) yapılacağı belirtilmiştir.
- Öğrenciler, kendilerinden yapılması istenen etkinlikler dışında sanal laboratuvar programı kullanarak kendi istedikleri etkinlikleri yapıp, üzerinde çalışmayı daha çok istemişlerdir.

Öğretim sürecinde alınan tedbirler haricinde kullanılması planlanan sanal laboratuvar programları ile ilgili aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (Karagöz-Mırçık ve Saka, 2016):

- Edison 5 programı kullanılarak oluşturulan elektrik devresinde kablo karışıklığı yaşanmasına neden olmuştur. Ayrıca, fare kullanımında problem yaşandığı görülmüştür.
- Edison 5 programı ile hazırlanan dosya sayısı, Crocodile Physics 401 ile hazırlanandan daha az sayıda olmuştur.
- Crocodile Physics 401 ile oluşturulan elektrik devreleri, diğer programa göre daha kısıtlayıcı (düğüm noktasına ikiden fazla bağlantıya izin vermemesi gibi) bir ortam sunduğundan paralel devre oluşturmada da sınırlamalar getirmiştir. Öğrencilerin, iki koldan daha fazla paralel devre oluşturamadıkları belirlenmiştir.
- Öğrenciler, programda oluşturdukları deney düzeneklerini Edison 5'de tornavida ile tamir etmek yerine, Crocodile Physics 401'de timsah ile yok etmeyi tercih etmişlerdir.
- Crocodile Physics 401'deki elektrik konusu ile ilgili grafikler yetersiz kalmıştır. Bu nedenle Phet kullanmak durumunda kalınmıştır.
- Araştırmanın başlangıcında kullanılması planlanan Edison 5 programı kullanışlılığındaki zorluk ve örnek sayısındaki yetersizlik nedeniyle öğrencilerde isteksizlik oluşturmuştur. Bu nedenle, farklı sanal laboratuvar programları

denenerek Crocodile Physics 401 ve Phet programlarının kullanılmasına karar verilmiştir.

3. 3. 4. Asıl Uygulama Aşaması

Pilot uygulamada yaşanan sorunların belirlenip gereken tedbirler alınarak ve düzenlemeler yeniden yapılarak, 2012-2013 eğitim-öğretim yılının bahar yarıyılında İstanbul Küçükçekmece ilçesindeki 2 Anadolu Lisesi'nde görev yapan fizik öğretmenleri ile araştırmacı birlikte çalışarak asıl uygulamalar yürütülmüştür. Araştırmada uygulanan materyal, asıl uygulamada kullanılmadan önce yedi fizik öğretmeni, bir elektrik öğretmeni ve üç öğretim elemanı tarafından incelenmiştir. Materyalde yapılan değişiklikler, pilot uygulamalarda denenmiş ve son şekli verilerek asıl uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Ön çalışmalar ve hazırlıklar tamamlandıktan sonra, uygulamanın gerçekleştirileceği İl Milli Eğitim Müdürlüğünden gerekli izinler alınarak asıl uygulama sürecine girilmiştir. Asıl uygulama sürecinde, çalışma gruplarıyla yapılan uygulamalar, uygulama tarihlerine dayalı olarak Tablo 17'de verilmektedir.

Tablo 17. Araştırmada Yapılan Çalışmalar, Çalışma Grupları ve Uygulama Zamanları

Çalışma Yapılan Okul	Çalışma Grubu	Yapılan Çalışmalar	Uygulama Tarihi	Notlar
Anadolu Lisesi-1	9-C	Kavram testinin ön uygulanması ve öğrencilerin bilgilerndirilmesi	04.04.2013	
		Sanal laboratuvar programının kullanışlılık eğitiminin verilmesi	11.04.2013	
		Uygulama çalışmaları	18.04.2013	
		Uygulama çalışmaları	25.04.2013	
		Uygulama çalışmaları	02.05.2013	
			09.05.2013	Okul gezisi nedeniyle ders yapılamadı.
			16.05.2013	Okul içi etkinlik nedeniyle ders yapılamadı.
		Uygulama çalışmaları	23.05.2013	
		Kavram testinin son uygulaması ve mülakatlar	30.05.2013	
Anadolu Lisesi-2	9-A	Kavram testinin ön uygulanması ve öğrencilerin bilgilerndirilmesi	05.04.2013	
		Sanal laboratuvar programının kullanışlılık eğitiminin verilmesi	12.04.2013	
		Uygulama çalışmaları	19.04.2013	
		Uygulama çalışmaları	26.04.2013	
		Uygulama çalışmaları	03.05.2013	
			10.05.2013	Okul gezisi nedeniyle ders yapılamadı.
			17.05.2013	Okul içi etkinlik nedeniyle ders yapılamadı.
		Uygulama çalışmaları	24.05.2013	
		Kavram testinin son uygulanması ve mülakatlar	31.05.2013	

Tablo 17'deki çalışma planından da görüldüğü gibi; uygulamalar, 4 hafta (8 ders saati) sürmüş olup; birer hafta önce ve sonra kavram testi uygulanmıştır. Bu anlamda araştırmanın veri toplama süreci, 6 haftada tamamlanmıştır.

3. 3. 4. 1. Asıl Uygulama Aşamasında Deney Grubu ile Yapılan Etkinlikler

Asıl uygulama sürecinin bir hafta öncesinde, dersin fizik öğretmeni ile birlikte deney gruplarındaki öğrencilere yapılacak çalışmalar hakkında bilgilendirme yapılmıştır. 'Basit Elektrik Devreleri' konusuna başlanmadan önce tüm öğrencilere Ek-7'deki öntest uygulanmıştır. İlgili konuya geçmeden önce, benzer çalışmalardaki (Kukkonen ve diğ., 2009) gibi öğrencilere bir ders boyunca, uygulama yapacakları sanal laboratuvar programının kullanımına yönelik etkinlikler yaptırılmıştır. Kullanışlılık eğitimi kapsamında daha çok öğrencilerin bir deney düzeneğini nasıl oluşturabilecekleri, nasıl çalıştırıp, veri alabilecekleri gösterilmiştir. Elektrik konusundaki öğrenme nesnelerinden ziyade, farklı konular için deney düzeneklerinin oluşturulması gösterilmiştir. Ders etkinliklerinin başladığı hafta yürütülen çalışmalar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Etkinliklerin tamamının BT sınıfında yürütülmesi.
- BT sınıfındaki bilgisayarların ve projeksiyonun kontrol edilerek tamir edilmesi.
- Araştırmacı ile fizik öğretmenlerinin uygulama sürecini birlikte planlaması ve değerlendirmesi.
- Öğrencilerin bilgisayar laboratuvarındaki oturma düzenlerinin ikişerli gruplar halinde planlanması.
- Yapılacak uygulamalar konusunda öğrencilerin bilinçlendirilmesi.
- Uygulamalara katılacak öğretmen ve öğrencilere sanal laboratuvar programlarının kullanışlılık eğitimi verilmesi.
- Hazırlanan öğrenme materyalindeki çalışma yapraklarının öğrencilere dağıtımına başlanması.

3. 3. 4. 2. Asıl Uygulama Aşamasında Kontrol Grubu ile Yapılan Etkinlikler

Deney grubuyla aynı zamanda kontrol grubuna da öntest ve sontest uygulanmıştır. Fizik öğretmenlerinin belirlediği şekilde ders yürütülmüştür.

3. 4. Araştırmada Uygulanan Öğretim Materyalleri

Bu bölümde araştırmada kullanılan sanal laboratuvar programı, uygulama materyali ve veri toplama araçlarının geliştirilmesi, temel dayanakları, içeriği, geçerlilikleri ve güvenilirlikleri ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

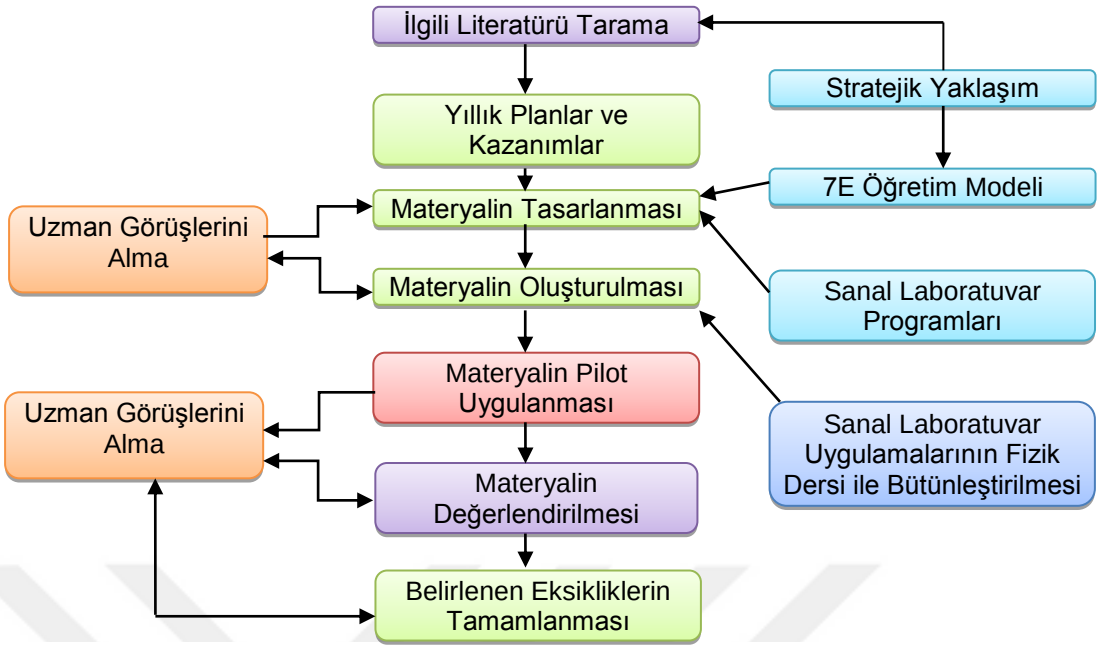
3. 4. 1. Araştırmada Kullanılacak Sanal Laboratuvar Programı

Araştırmada kullanılacak sanal laboratuvar programları Crocodile Physics 401 ve Phet'in, sahip olduğu özelliklere (bkz. 2.3.1.3.Elektrik Konularının Öğretimi İçin Kullanılan Sanal Laboratuvar Programları) ve seçilme nedeni (bkz. 2.3.1.4.Sanal Laboratuvarların Fizik Öğretiminde Kullanılması Konusundaki Literatür Doğrultusunda Dikkate Alınacak Noktalar ve 2.3.1.5.Araştırmada Kullanılacak Sanal Laboratuvar Programının Seçimi) yer verilmişti. Ayrıca bu programlar, ortaöğretim öğrencilerinin akademik başarılarını arttırdığı ve fizik dersine karşı olumlu etki etkiler sağladığı gerekçesiyle de tercih edilmiştir (Karagöz ve Özdener, 2007). Çalışmanın pilot aşamasında ilk olarak Edison5 sanal laboratuvar programı denenmiş fakat öğrenciler tarafından kullanışlı olmadığı görüldüğünden vazgeçilmiştir.

Crocodile Physics 401 programının her ne kadar elektrik konusu için tasarlanmış ve uygun olduğu belirtilse de "Basit Elektrik Devreleri" konusunun içeriğini kapsamada yetersiz kalmaktadır. Buna göre elektrik akımı ve enerjisi gibi konuların açıklanmasına ilişkin deney düzenekleri oluşturmada, başka bir sanal laboratuvar ortamına ihtiyaç duyulmuştur. Crocodile Physics 401 programının yetersiz kaldığı bu durumlarda Java destekli 'PhET' uygulamaları kullanılmıştır. Bu uygulama; örneklem için uygun, kullanışlı ve ulaşımı kolay olduğundan tercih edilmiştir (bkz. 2.3.1.3. Elektrik Konusunun Öğretimi İçin Kullanılan Sanal Laboratuvar Programları).

3. 4. 2. Araştırmada Kullanılan Öğretim Materyalleri

Çalışmada lise 1. sınıf Fizik 1 dersindeki 'Basit Elektrik Devreleri' konusuna yönelik olarak sanal laboratuvar destekli yapılandırmacı yaklaşıma uygun 7E öğretim modeline göre hazırlanan bir öğrenme ortamının tasarlanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, öğrenme ortamında kullanılmak üzere bir öğretim materyali geliştirilmiştir. Hazırlanan materyalin geliştirilme sürecinde izlenen aşamalar, Şekil 27'de sunulmuştur.



Şekil 27. Materyal geliştirme sürecinde izlenen aşamalar

Materyal geliştirme sürecinde yürütülen çalışmalarla ilgili olarak Şekil 27'de belirtilen uygulamalar aşağıda açıklanmıştır.

3. 4. 2. 1. Literatürün İncelenmesi ve Kazanımların Belirlenmesi

Çalışmada kullanılacak materyali hazırlamaya ilk olarak yeni öğretim programına göre ortaöğretim 9. sınıf fizik dersindeki 'Elektrik ve Manyetizma' ünitesine yönelik öğrenci kazanımları araştırılmış ve özellikleri tespit edilerek Ek-2'de sunulmuştur (MEB, 2007). Ayrıca ilgili literatürde 'Elektrik' konusu ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir (bkz. '2.4.6.', '2.4.7.', '2.4.8.', '2.4.9.' ve '2.5.2.').

Araştırmanın amacı ve kapsamı dikkate alındığında, ilk olarak konuyla ilgili öğretim programları, ders kitapları, kaynak kitaplar ve 7E öğretim modeline uyarlanmasına yönelik literatürdeki çalışmalar irdelenmiştir. Yapılan irdelemeler dikkate alınarak, fizik öğretmenleri ve öğretim üyeleriyle görüşmeler yapılarak materyalin hangi kazanımlar kapsamında yapılandırılması gerektiği belirlenmiştir.

3. 4. 2. 2. Materyalin Tasarlanması ve Oluşturulması

Yürütülen araştırmada, 7E öğretim modelinin basamakları dikkate alınmıştır. Belirtilen basamakların nasıl uygulanacağına yönelik olarak öğretmenlere rehberlik edecek şekilde etkinlik planı geliştirilmiştir (Ek-3). Etkinlik planı kapsamında,

uygulamaların yürütülmesine yönelik basamakların yanında, öğrenci çalışma yapraklarındaki bilgiler ve soruların cevaplarına da yer verilmiştir.

Geliştirilen materyalin ilk taslağı, yapılan literatür çalışmalarında kullanılan materyaller ve yöntemler incelenerek ve MEB'in (2007) öğretim programında önerdiği 7E öğretim modeline göre düzenlenmiştir. Ayrıca yapılan literatür çalışmaları dikkate alınarak, ünitenin 7E öğretim modeline dayalı olarak yürütülmesinin elektrik ile ilgili belirtilen öğrenme/öğretme güçlüklerini giderebileceği ve ünitenin kavramsal doğası ile örtüşeceği düşünülmüştür. Materyalin geliştirilme sürecindeki en önemli konularından biri de, sanal laboratuvar programlarının etkinlik içerisinde doğru ve etkin kullanımıdır. Bu amaç doğrultusunda hazırlanan materyaldeki etkinlikler, 7E öğretim modeline uygun olarak ve sanal laboratuvar programı ile ilişkilendirilerek hazırlanmıştır (Tablo 18).

Tablo 18. 7E Öğretim Modeli Kapsamında Sanal Laboratuvar Programı Destekli Öğretmen Ders Materyalinin Özellikleri

7E Öğretim Modeli Aşamaları	Öğretmen Rehber Materyalindeki Yansılamaları	Öğretmenin Gerçekleştireceği Etkinlikler	Sanal laboratuvar programının uygulama sürecindeki kullanımı
Merak Uyandırma ve Önbilgileri Yoklama	3 bölümden oluşmaktadır: 1- Bunları Biliyor muyuz? 2- Biraz Düşünelim 3- Bak ve Görmeye Çalış	• Günlük hayatımızda sıklıkla gördüğümüz olayların farkına varmasını sağlayan metne ve resme dayalı sorular sorulması, • Öğrencilerin bildiklerini sınıf ortamında paylaşmalarının sağlanması, • Öğrencilerin eksik ya da yanlış görüşlerini açığa çıkaracak sorular sorularak kaydedilmesi,	Bu aşamada öğrencilerin uygulama yapmasından ziyade öğretmen isterse örnek devre resimleri gösterir.
Keşfetme Aşaması	• Değişkenleri belirler. • Hipotezler kurar. • Basit bir elektrik devresindeki devre elemanlarının adını, sembolünü ve şeklini bilir. • Deneyler yapar. • Oluşturulan deneylerle ilgili kayıtları tutar. • Öğrencilerin oluşturdukları hipotezler ile oluşturdukları deney düzenekleri sonucunda elde ettikleri verilerin karşılaştırılması ve yazılması,	• Öğrencilerin kurduğu hipotezlerin düzeltilmemesi, • Doğru cevabı içermeyen ama öğrencileri yönlendirebilecek soru ve cevaplarla devreye girmesi, • Gerektiğinde öğrencilere yönlendirmelerde bulunur. • Doğru cevabı vermekten ziyade tartışma ve yönergelerle öğrencilerin keşfetmelerine yardımcı olunması,	• Öğrencilerden ders materyali içerisindeki örnek deney setlerine ait şekilleri sanal laboratuvar programı kullanarak oluşturmaları istenir. • Sanal laboratuvar programının en fazla kullanılacağı aşamadır. • Ders materyalindeki örnek deney düzenekleri dışındaki deneyleri de oluşturmaları için öğrencilere zaman tanınmalıdır.

Tablo 18'in devamı

Açıklama Aşaması	• Deneylerden elde edilen veriler dikkate alınarak grafik çizilmesi ve hesaplamalar yapılması, • Oluşturulan hipotezlerin yorumlanması, • Deney verilerinden elde edilenler dikkate alınarak sonuç çıkarılması,	Öğrencilere hangi grafiği çizecekleri belirtilmeden grafik oluşturmaları ve yorum yapmalarını sağlayacak yönlendirmelerde bulunur.	• Sanal laboratuvar programı kullanarak oluşturulan deney düzeneklerinden elde edilecek verilerin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. • Program, öğrencilere hesaplama yapmada ve grafik oluşturmada yardımcı olur.
Detaylandırma Aşaması	• Farklı durumlar üzerinde uygulamalar yapılması, • Farklı deney düzenekleri üzerinde çalışmaların yapılması,	Öğrencilerden yaptıkları uygulamalar sonucunda elde ettikleri verilere dayanarak verilen sorulara cevap bulmaları istenir.	• Sanal laboratuvar kullanarak reostalı elektrik devresi oluşturulur. • Ampermetre ve voltmetre bağlayarak programdan elde edilen veriler çalışma kâğıdındaki tablolara yerleştirilir.
İlişkilendirme Aşaması	Günlük hayatta karşılaşılan bir durumla öğrendiklerini ilişkilendirilmesi,	Verilen problemi öğrencilerin çözebilmesi için gerektiği yerlerde yönlendirmeler yapabilir.	Verilen problemdeki elektrik devresi sanal laboratuvar programı kullanılarak oluşturulur.
Paylaşma Aşaması	Yapılan etkinliklerden elde edilen bilgilerin sınıf içerisinde paylaşılması,	• Öğrencilerin görüşlerini dinler ve öğrencilerin birbirleriyle tartışma yapmalarını sağlayarak elde ettikleri verileri sunmalarını sağlar. • Konunun farklı alanlara kaymaması için gerekli yerlerde yönlendirmelerde bulunur.	Farklı görüşlere sahip olan öğrencilerin sonuçları sanal laboratuvar programı kullanılarak test edilir.
Değerlendirme Aşaması	Verilen soruların cevaplandırılması,	Öğrencilerden elde edilen veriler doğrultusunda, değerlendirmelerde bulunur.	Öğrencilerin tereddüt ettikleri sorularda sanal laboratuvar programı kullanarak sonuca ulaşabilmesi sağlanır.

Geliştirilen öğretim materyali, dört akademisyen ve altı fizik öğretmenine incelettirilerek görüşleri alınmıştır. Akademisyenler ve öğretmenler, geliştirilen materyal hakkında olumlu fikirlerini bildirmişlerdir. Bu nedenle gelen yorumlar dikkate alınarak, geliştirilen materyal üzerinde düzeltmeler yapılmış ve son haline getirilmiştir. "Elektrik" ve "Basit Elektrik Devreleri" konuları ve kazanımları dikkate alınarak hazırlanan öğretmen rehber materyali (Ek 5), dört haftalık uygulamalar boyunca etkinlik sürecinin tamamında kullanılmıştır. Yürütülen araştırma kapsamında, pilot ve asıl uygulamada kullanılan materyal, araştırmacı tarafından 7E öğretim modeline dayalı olarak düzenlenmiş ve öğretmenlere birer kitapçık halinde dağıtılmıştır. Etkinlikleri içeren çalışma yaprakları ise, öğrencilere dağıtılmıştır. Geliştirilen materyalde, öğrencilerin sanal laboratuvar programını kullanarak serbestçe uygulama yapabilmelerine imkân tanınmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca farklı uygulamalar yapabilmeleri için yol gösterilmiş ve öneriler sunulmuştur. Yapılan çalışmalar ve literatür araştırmaları sonucunda materyalde elektrik ile ilgili

kavramların sunumuna ilişkin geliştirilen materyalin genel yapısı Şekil 28 ile Şekil 35 arasında sunulmuştur. Materyale uygun olarak hazırlanan öğrenci çalışma yapraklarındaki etkinlikler ve 7E öğretim modeli ile ilişkilendirilerek, kullanım amaçları, öğretmen ve öğrenci yönergeleri açıklanmıştır.

ELEKTRİK DEVRELERİ

A. Bunları Biliyor muyuz?

Evlerimizde aynı anda hem çamaşır hem de bulaşık makinasını çalıştırabilir, TV izlerken ütü yapabiliriz. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

.....

.....

.....

1. Aşama

Evinizdeki bir cihazın fişini takınca elektrik şebekesine nasıl bağlandığını biliyor musunuz?

.....

.....

.....

Elektrikle çalışan cihazlar, elektrik şebekesine kaç farklı şekilde bağlanabilir? Bu bağlama şekilleri, dirençler için de geçerli midir?

.....

.....

.....

B. Biraz Düşünelim!

Aynı oda içerisinde yer alan elektrik aletlerin bazıları kapalı bazıları açık olabilir. Hepsi aynı anda çalıştırıldığında, elektrikli cihazlar bundan nasıl etkilenir? Odaya eklencek bir elektrikli cihazın, diğer cihazlar üzerinde bir etkisi olabilir mi?

.....

.....

.....

C. Bak ve Görmeye Çalış!

Evlerimizde elektrik ile çalışan bazı cihazlar kapanıp açıldığında diğer cihazlar nasıl etkilenir? Örneğin, mutfakta fırın çalışırken sürekli olarak çalışan buzdolabı nasıl etkilenir? Bunu diğer elektrikli aletleri de kullanarak test eder misiniz? Öğrendiklerinizi ve düşündüklerinizi yazınız.

.....

.....

.....

Şekil 28. Birinci aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı

İlk aşamada, öğrencilerin ön bilgileri belirlenmeye çalışılır ve konuya ilgi duymaları sağlanır. Günlük yaşamdaki fiziksel olaylardan sorular sorarak düşünmeleri sağlanır.

Öğrencilerin yanlış veya konu dışı bilgilere yönelmeleri en fazla bu aşamada yaşandığından rehber öğretmen tarafından iyi bir şekilde yönlendirilmeleri gerekmektedir.

D.Keşif Zamanı	
Yapmayı planladığınız deneyler ile ilgili aşağıdaki adımları takip ediniz.	
1. **ADIM**. Değişkenleri Belirle: Sizce bu deneydeki değişkenler neler olabilir?	
Bağımsız Değişken:	
Bağımlı Değişken:	
Kontrol Edilen Değişken:	
2. **ADIM**. Hipotez cümleni kur: Bu deneyde kurabileceğiniz hipotez/ hipotezler nelerdir?	
Hipotez-1:	
Hipotez-2:	
Hipotez-3:	

2. Aşama

E.Deney Zamanı

Basit bir elektrik devresindeki devre elemanlarının isimlerini yazınız, sembol ve şekillerini çiziniz.		
Devre elemanının ismi	Devre elemanının sembolü	Devre elemanının şekli

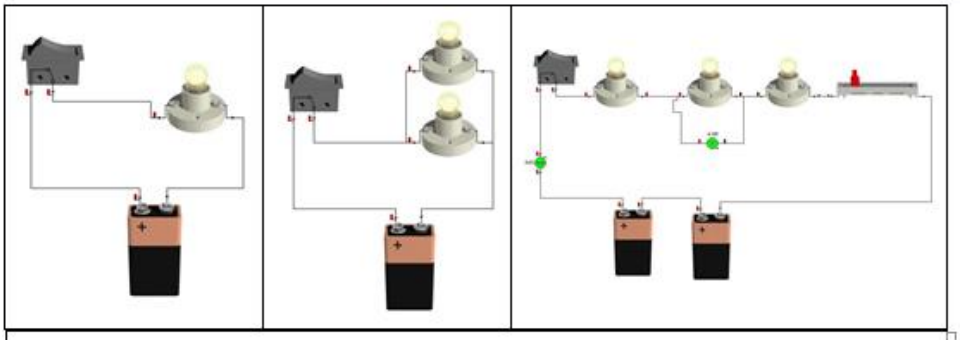
Şekil 29. İkinci aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı

Bu aşamada, öğrencilerin ön bilgileri belirlenmeye çalışılır. Yanlışta olsa bildikleri hipotezleri yazarlar ve sonraki etkinliklerde bunları test etmeleri için fırsat verilir. Ayrıca öğrencilere sanal laboratuvar programını kullanarak devre oluşturmak için gerekli zaman verilerek; devre elemanının isim, sembol ve gerçek şeklini keşfetmeleri sağlanır. Öğrendiklerini tabloya yazmaları istenir.

- Elektrik devresindeki akım ve elektronların hareketini bulalım.

3. Aşama

- İletken tellerle bu devre elemanlarını çeşitli şekillerde birleştiriniz.
- Örnek şekiller üzerinden yola çıkarak birden fazla lamba ve direnci çeşitli şekillerde bağlayınız.
- Oluşturduğunuz elektrik devrelerine ampermetre ve voltmetre bağlayınız.



- Oluştruduğunuz bir elektrik devresi için akım ve potansiyel fark değerlerini ayrı ayrı değiştirerek elde ettiğiniz verileri tabloya yazınız.
- Oluşturduğunuz deney düzeneklerini bilgisayarınıza kaydetmeyi unutmayınız.

Potansiyel Fark (V)	Akım (I)	V/I

Şekil 30. Üçüncü aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı

Üçüncü aşamada, öğrenciler sanal laboratuvar programını kullanarak basit elektrik devresi oluştururlar, akım ve potansiyel fark değerlerini ilgili bölümlere yazar. Bu tablodan yapılacak hesaplamalar sonucunda, öğrencilerin “Ohm Kanunu”na ulaşması hedeflenmiştir. Öğretmen burada rehber durumundadır. Gerekli yerlerde müdahalede bulunur ve sorular sorarak, öğrencilerin sonuca ulaşmalarını sağlar. “Tahminlerde bulun” aşamasında öğrencilerin kavramsal metin boşluğunu kendi cümleleri ile ifade etmeleri sağlanmıştır. Şekil 32’deki grafik kâğıdına potansiyel fark-akım (V/I) grafiğini çizerek eğimi bulmaları konusunda öğrencilere yardımcı olunur.

F. Açıklama Zamanı

Grafik çizelim

Hesaplamalar:

3. Aşama

G. Sonuç Çıkar

Yaptığınız deneylerden ve denemelerden yola çıkarak sizce hangi sonuçlara varılabilir?

Sonuç-1:	
Sonuç-2:	
Sonuç-3:	

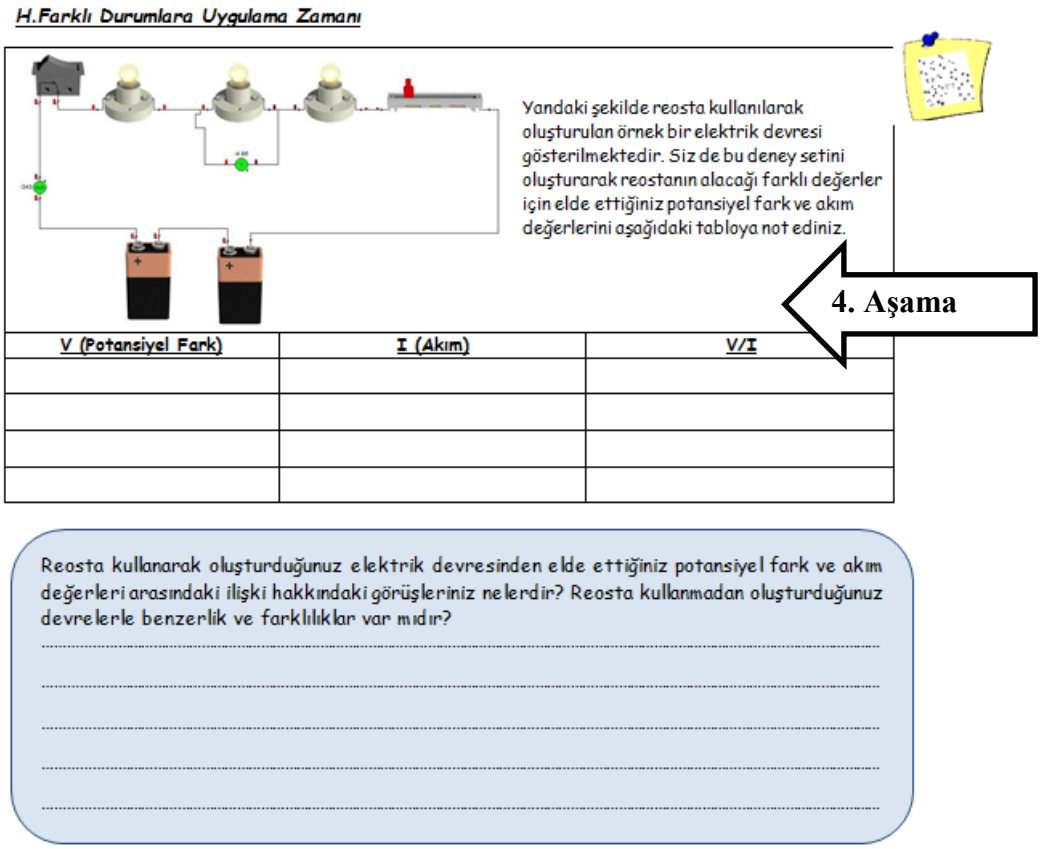
Grafikteki hesaplamaları kullanarak bir hipotezleriniz hakkında yorumlarda bulunuınuz.

.....

.....

.....

Şekil 31. Üçüncü aşama ile ilgili bir diğer öğrenci etkinliği



H.Farklı Durumlara Uygulama Zamanı

Yandaki şekilde reosta kullanılarak oluşturulan örnek bir elektrik devresi gösterilmektedir. Siz de bu deney setini oluşturarak reostanın alacağı farklı değerler için elde ettiğiniz potansiyel fark ve akım değerlerini aşağıdaki tabloya not ediniz.

4. Aşama

V (Potansiyel Fark)	I (Akım)	V/I

Reosta kullanarak oluşturduğunuz elektrik devresinden elde ettiğiniz potansiyel fark ve akım değerleri arasındaki ilişki hakkındaki görüşleriniz nelerdir? Reosta kullanmadan oluşturduğunuz devrelerle benzerlik ve farklılıklar var mıdır?

Şekil 32. Dördüncü aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı

Dördüncü aşamada, öğrenciler sanal laboratuvar programında farklı devre elamanlarını kullanarak çeşitli elektrik devreleri oluştururlar ve analiz ederler. Elde ettikleri bu verileri, daha sonra gruplar arasında paylaşmak için not ederler. Etkinliklerde sık sık öğrencilerin kendi cümleleri ile konuyu ifade etmelerini sağlamak amacıyla çalışma yapraklarına sık sık metin kutuları yerleştirilmiştir. Bu bölümlerdeki öğrenci ifadeleri, diğer bulgularla birlikte öğrencilerin kavramsal modellerinin tespitinde kullanılmıştır.

Beşinci aşama Şekil 33'den de görüleceği gibi, öğrencilerden sanal laboratuvar programı kullanarak güncel hayatta karşılaştıkları bir deney düzeneği oluşturmaları istenir. Öğretmenin, deney düzeneğini oluşturmada öğrencilere yardımcı olabilmesi sağlanır.

Reosta kullanarak oluşturduğunuz elektrik devresinden elde ettiğiniz potansiyel fark ve akım değerleri arasındaki ilişki hakkındaki görüşleriniz nelerdir? Reosta kullanmadan oluşturduğunuz devrelerle benzerlik ve farklılıklar var mıdır?

.....

.....

.....

.....

.....

5. Aşama

I. İlişkilendirme Zamanı:

Yılbaşı ağaçlarının üzerinde birçok yanıp sönen lambaları görmüşsünüzdür.

Sizce bu kadar çok lamba ne şekilde bağlanmış olabilir?

Nasıl yanıp-sönebilir? Açıklayabilir misiniz?

.....

.....

.....

.....

Şekil 33. Beşinci aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı

İ. Paylaşma Zamanı

Deneyler hakkında genel sonuçlara maddeler halinde sıralamadan edindiğin bilgi ve deneyimleri arkadaşlarınızla paylaşınız. Sınıftaki diğer arkadaşlarınızla tartışarak günlük hayattaki başka uygulamalar hakkında düşündüklerinizi yazınız.

.....

.....

.....

.....

6. Aşama

Şekil 34. Altıncı aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı

Altıncı aşamada, öğrenciler elde ettikleri verileri diğer grup arkadaşlarıyla paylaşırlar. Öğrenilen konu ve kavramların günlük yaşamdaki diğer olaylarla ilişkilendirilmesi sağlanır. Verilen cevaplar, öğrenci grupları tarafından ilgili bölüme not edilir. Öğretmen, sorularıyla tartışmayı yönlendirebilir, konu dışına çıkılması engellenir.

J. Öğrendiklerimi Değerlendiriyorum	
Sanal laboratuar programı kullanarak yaptığınız deneylerden elde ettiğiniz bilgi ve becerileri kullanarak aşağıdaki soruları cevaplandırınız.	
Soru-1:	Lambaları elektrik devresine ne şekilde bağladığınızda yandı?
Soru-2:	Çizdiğiniz grafiklerin eğimleri size hangi büyüklüğü verdi?
Soru-3:	Grafikleriniz sıfırdan geçmeli miydi? Neden?
Soru-4:	Her bir deney düzeneği için V/I değeri sabit mi? Neden?

7. Aşama

Şekil 35. Yedinci aşamadaki öğrenci etkinlikleri ve çalışma yaprağı

Yedinci aşamada, öğrencilerin öğretim hedeflerine ulaşıp ulaşılmadığına yönelik değerlendirme soruları sorulmuştur. Bu bölümde öğrenciler, önceki bölümlerde verdikleri cevapları değerlendirme ve karşılaştırma yapmaları sağlanmıştır.

3. 4. 2. 3. Materyalin Uzmanlar ve Öğretmenler Tarafından Değerlendirilmesi

Hazırlanan öğretim materyalinin hedeflenen niteliklere ulaşıp ulaşmadığını kontrol etmek amacıyla fizik eğitimi alanında uzman ve lise düzeyinde fizik öğretmeni ve elektrik öğretmeni olarak görev yapan kişilerin görüşleri alınmıştır. Materyali iki farklı ölçekte incelemenin uygun olacağı düşünülerek ‘Yapısal Temel Ölçeği’ ve ‘İçerik Sunum Ölçeği’ oluşturulmuştur. Fizik eğitimi uzmanları için hazırlanan ölçek Ek-4’de verilmiş ve yapılan değerlendirmelerde “Olumlu” veya “Olumsuz” şeklinde görüşleri ile öneri ve eleştirileri de sunmaları istenmiştir. Fizik öğretmenleri için hazırlanan ölçekte Ek-5’de sunulmuş ve ölçekteki maddeleri “Evet”, “Kısmen” ve “Hayır” şeklinde değerlendirmeleri istenmiştir. Ayrıca “Kısmen” ve “Hayır” olarak değerlendirdikleri maddelerin gerekçelerini belirtmek amacıyla boş alan bırakılmıştır. Verilen cevaplar değerlendirilirken “Evet” için “2 puan”, “Kısmen” için “1 puan” ve “Hayır” için “0 puan” kullanılmıştır.

Tablo 19. Ders Materyali Değerlendirme Ölçeğindeki Yapısal Değerlendirmeye İlişkin Ortalamalar

Yapısal Değerlendirme			
İfadeler *Hazırlanan ders materyali…*	Uzman Görüşleri	Fizik Öğrt. Ort	Elekt. Öğr.
9. sınıf öğrencileri için uygun ve anlaşılırdır.	Olumlu	1.67	1
basit elektrik devreleri ile ilgili kazanımları kapsamaktadır.	Olumlu	2	1
basit elektrik devreleri ile ilgili kavramları belirlemeye yöneliktir.	Olumlu	2	2
2+2 ders saatinde yapılması için uygundur. (Haftada 2 saat fizik dersi olan bir sınıf için)	Olumsuz	1.67	2
İçerisindeki her bir aşamada yapılması gerekenler düzgün bir şekilde belirtilmiştir.	Olumlu	2	2
sınıf içerisinde rahatlıkla kullanılabilir yapıdadır.	Olumsuz	1.83	2
anlatım dili anlaşılırdır.	Olumlu	1.83	2
İçerisindeki etkinlikler yeterlidir.	Olumlu	2	1
kullanılan resimler uygun ve anlaşılırdır.	Olumlu	1.83	2
İçerisindeki tabloların yerleşimi ve sırası uygundur.	Olumlu	2	2
içerisinde kullanılan renkler ve grafikler öğrenci seviyesine uygundur.	Olumlu	1.83	2
İçerisindeki yönergeler anlaşılırdır.	Olumlu	2	2
ile sanal laboratuvar programı doğru etkinlikler için kullanılmaktadır.	Olumlu	2	1
ile kullanılan sanal laboratuvar programı, öğrenci seviyesine uygundur.	Olumlu	2	1
ile kullanılan sanal laboratuvar programının grafikleri, öğrenci seviyesine uygundur.	Olumlu	2	1
ile kullanılan sanal laboratuvar programındaki örnek deney setleri, öğrenci seviyesine uygundur.	Olumlu	2	1

Tablo 19'dan görüldüğü gibi, fizik eğitimi uzmanları genellikle olumlu görüş belirtmelerine rağmen bazı ifadeler ve tablolarla ilgili öneriler sunmuşlardır. Ayrıca materyaldeki soru sayısının azaltılması gerektiğini çünkü planlanan sürenin tüm etkinliklerin uygulanması için yetersiz olduğunu ifade etmişlerdir. Buna göre eksik ya da yanlış kullanılan ifadeler düzeltilmiş, öğrencilerin grafik çizmeleri istenen alana milimetrik grafik kâğıdı koyma, öğretmenler için her bir aşamanın ve etkinliğin hangi kazanımlar sonucunda oluşturulduğunu açık ve net bir ifade ile belirtilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Yapısal içerikle ilgili fizik öğretmenlerinin verdikleri cevapların ortalaması 1.89 iken, elektrik öğretmenin verdiği puanlama da ise 1.56 olmuştur. Ölçekten elde edilen veriler incelendiğinde yapısal anlamda olumlu olduğu görülmektedir. Geliştirilen materyalin uygulama süreci ile ilgili fizik öğretmenlerinin farklı görüşlere sahip oldukları görülmüştür. Anadolu liselerinde görev yapan fizik öğretmenleri planlanan süreyi uygun bulurken, genel lisede görev yapan fizik öğretmenleri süreyi yetersiz bulmakta, çoğu öğrencinin istenilen uygulamaları belirlenen zaman içerisinde yapamayacağını ve anlayamayacağını düşünmektedirler. Bu nedenle, geliştirilen etkinlik öğrencilerin ve okulun durumuna göre esneklik gösterebilmektedir. Elektrik öğretmeni ise, süreyi yeterli bulmakta ve etkinliklerdeki matematiksel ifadelerin artması gerektiğini belirtmektedir.

Tablo 20. Ders Materyali Değerlendirme Ölçeğindeki İçeriksel Değerlendirmeye İlişkin Ortalamalar

İçeriksel Değerlendirme			
İfadeler *Hazırlanan ders materyali …*	Uzman Görüşleri	Fizik Öğrt. Ort.	Elekt. Öğr.
öğrenciyi konuya motive edici niteliktedir.	Olumlu	2	2
öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkaracak yeterliliktedir.	Olumlu	2	2
İçerisindeki etkinlikler, kazanımlara uygundur.	Olumsuz	2	1
içerisindeki etkinlikler, öğrenci seviyesine uygundur.	Olumlu	1.833	2
içerisindeki örnekler günlük hayattaki örneklerle ilişkilidir.	Olumlu	2	2
öğrenciyi eleştirel düşünmeye yönlendirecek şekildedir.	Olumlu	2	2
öğrenciyi araştırma, inceleme yapmaya yönlendirmektedir.	Olumlu	2	1
öğrencilerin kendilerini değerlendirebilecek etkinlikleri içermektedir.	Olumlu	2	2
7E öğretim modeline uygun olarak düzenlenmiştir.	Olumsuz	2	2
7E öğretim modelinin 1. basamağı olan “Merak uyandırma” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.	Olumlu	2	2
7E öğretim modelinin 2. basamağı olan “Keşfetme” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.	Olumlu	1.833	2
7E öğretim modelinin 3. basamağı olan “Açıklama” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.	Olumlu	2	2
7E öğretim modelinin 4. basamağı olan “Detaylandırma” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.	Olumlu	2	2
7E öğretim modelinin 5. basamağı olan “İlişkilendirme” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.	Olumlu	2	2
7E öğretim modelinin 6. basamağı olan “Paylaşma” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.	Olumlu	2	2
7E öğretim modelinin 7. basamağı olan “Değerlendirme” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.	Olumlu	1.833	2
içerisindeki etkinliklerin sırası, öğrenciyi sonuca götürecek şekilde doğru olarak verilmiştir.	Olumsuz	2	1
ile kullanılan sanal laboratuvar programı öğrenciye deneme-yanılma yapma imkânı sunmaktadır.	Olumlu	2	2
ile kullanılan sanal laboratuvar öğrenciye oluşturdukları devrelerle ilgili hesaplama yapmada yardımcı olmaktadır.	Olumlu	2	2
ile kullanılan sanal laboratuvar programı, doğru etkinlikler için kullanılmaktadır.	Olumlu	2	2

Tablo 20’deki içeriksel değerlendirme sonuçları ile ilgili ortalamalar fizik öğretmenleri için 1.975 iken, elektrik öğretmeni için 1.85’tir. Aradaki bu puan farkının elektrik öğretmeninin daha fazla matematiksel işlev içeren problemlerin yer alması gerektiğini düşünmesinden kaynaklanmaktadır. Oysaki yapılandırmacı yaklaşıma dayalı geliştirilen yeni öğretim programında matematiksel işlemler azaltılmıştır. Sonuç olarak araştırmaya katılan öğretmenlerin geliştirilen ders materyali için olumlu görüşlere sahip oldukları ön plana çıkmaktadır.

3. 4. 2. 4. Materyalin Pilot Uygulamasının Değerlendirilmesi

Araştırmada kapsamında, geliştirilen materyaldeki etkinlikler, çalışma yaprağı şeklinde öğrencilere dağıtılarak doldurmaları istenmiştir. Pilot çalışma verileri Tablo 21’de gösterilmiştir.

Tablo 21. Öğrencilerin Pilot Çalışmadaki Etkinliklere Yönelik Performans Değerlendirmeleri

7E Öğrenme Modeli Aşamaları	Uygulama Aşamaları	Kız öğrencilerin ortalaması	Erkek öğrencilerin ortalaması	Sınıf Ortalaması
1- Merak uyandırma	Bunları Biliyor muyuz?	0.46	0.31	0.41
	Biraz Düşünelim!	0.37	0.28	0.33
	Bak ve Görmeye Çalış!	0.08	0.0	0.05
2- Keşfetme	Değişkenleri Belirleme	0.87	0.22	0.68
	Hipotez kurma	0.87	0.63	0.833
	Devre elemanlarının ismini bilme	7.03	6.31	6.77
	Devre elemanlarının sembolünü bilme	6.45	5.44	6.10
	Devre elemanlarının şeklini bilme	5.29	3.5	4.58
	Deney yapma	0.71	0.8	0.73
	Tahminlerde bulunma	0.37	0.50	0.43
3- Açıklama	Grafik çizme	0.61	0.63	0.60
	Hesaplama yapma	0.32	0.44	0.38
	Sonuç çıkarma	1.37	0.56	1.14
	Yorumlama	0.39	0.13	0.29
4- Detaylandırma	Farklı durumlara uygulama	0.23	0.19	0.21
	Açıklama	0.10	0.09	0.09
5- İlişkilendirme	İlişkilendirme	0.36	0.41	0.37
6- Paylaşma/Fikir Alışverişi	Fikir Alışverişi yapma	0.44	0.13	0.32
7- Değerlendirme	Elektrik devresi oluşturma	0.52	0.56	0.53
	Grafiğin eğimi	0.13	0.13	0.13
	Grafikteki eğim 0'dan geçmeli mi?	0.16	0.06	0.13
	V/I değeri	0.39	0.19	0.31

Tablo 21'e göre, öğrencilere dağıtılan çalışma yapraklarındaki uygulama yapabilme durumlarının değerlendirilmesine göre öğrenciler en çok merak uyandırma aşamasındaki soruları cevaplandırmada zorlanmışlardır. Günlük hayattan verilen örneklerle, fizik dersindeki ilişkiyi kuramamışlardır. Ayrıca ilişkilendirme aşamasında, lamba ve direnç ile yaptıkları etkinlikleri reosta ile ilişkilendirmede sorun yaşadıkları görülmüştür.

3. 5. Verilerin Toplanması

Bu bölümde, araştırmada veri toplama araçları ve tekniklerine ait bilgilere yer verilmektedir.

3. 5. 1. Veri Toplama Araçları

Araştırmanın amacının ve alt amaçlarının irdelenebilmesi için dört veri toplama tekniğinden yararlanılmıştır. Bu veri toplama teknikleri, uygulanan analiz yöntemleri ve örneklem grupları Tablo 23'de gösterilmiştir.

Tablo 22. Örneklem Grubuna Uygulanan Veri Toplama Teknikleri

Örneklem (N)	Veri Toplama Tekniği
44 Öğrenci (Deney grubu) 3 Fizik Öğretmeni	Gözlem
3 Fizik Öğretmeni 8 Öğrenci	Mülakat
44 Öğrenci (Deney grubu) + 42 Öğrenci (Kontrol grubu)	Basit Elektrik Devreleri Kavram Testi
44 Öğrenci (Deney grubu)	Çalışma Yapraklarındaki Veriler ve Sanal Laboratuvar Programı Uygulamaları
44 Öğrenci (Deney grubu) çalışma yaprakları	Doküman analizi

Tablo 22'de görüldüğü gibi, seçilen örneklem grupların nitel ve nicel veri toplama teknikleri uygulanmıştır.

3. 5. 1. 1. Gözlem

Nitel araştırmalarda sıklıkla kullanılan veri toplama yöntemlerinden biri olan gözlem, incelenen davranışla ilgili yerinde/ortamında veri toplama imkânı sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Herhangi bir ortamda araştırılan kişilerin davranışlarını ayrıntılı, kapsamlı ve zamana yayılmış bir değerlendirme yapılmak istendiğinde kullanılan bir yöntemdir (Bailey, 1982). Bir araştırmacı gözlem yaparak, araştırılan program, işlem veya davranış hakkında birinci elden veri toplamaktadır. Ayrıca gözlemler, araştırma sürecinde toplanan diğer verilerin güvenilirliğini arttırmaktadır (Çepni, 2005). Nitel araştırmada yapılan gözlem sürecinde her şeyi gözlemek mümkün değildir. Öncelikle "neyin gözlemleneceğinin" belirlenmesi gerekmektedir. Gözlemcinin her şeyi gözlemleyip kaydetmesine olanak yoktur. Bu nedenle, gözleme başlamadan önce neyin hangi kapsamda gözleneceğinin açık bir şekilde belirlenmesi, yani araştırmacının belirli bir yöneliminin olması gerekmektedir (Gürbüz ve diğ., 2013; Yıldırım ve Şimşek, 2006). Gözlem, nitel ve nicel araştırmaların her ikisinde de kullanılabilir. Araştırmada, tasarlanan öğrenme ortamının öğrencilerin alternatif fikirlerini gidermesi, eksik bilgilerini tamamlaması ve zihinsel modellerinin gelişimine etkisinin değerlendirilmesi hedeflendiğinden; öğrenme

ortamının tasarlanan hedeflere uygun yürütüldüğüne yönelik incelemelerin yapılması, elde edilen verilerin güvenilirliğini destekleyecektir.

Yürütülen çalışmada, yarı-yapılandırılmış gözlem türü kullanılmıştır. Bu tür gözlemlerde ders boyunca gerçekleşen davranışlar ve bu davranışların gerçekleşme şekli, gözlemci tarafından kayıt altına alınmaktadır (Çepni, 2005). Araştırma kapsamında, sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline göre hazırlanan öğretim materyalinin öğrencilerin zihinsel modelleri üzerindeki etkilerini gözlemlemek amacıyla kullanılan gözlem, verilerin daha nitelikli yorumlanmasında, güvenirlik açısından önemli bir veri kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca derslerin uygulamalarında aktif olarak yer alan üç fizik öğretmeni de gözlemlenmiştir. Böylece uygulama yapan öğretmenlerin ders yürütme süresindeki sınıf hâkimiyeti, isteklilik ve dersin akışını kontrol edebilme düzeyleri, hazırlık süreci ve görüşleri gibi çeşitli durumları incelenmiştir.

Çalışma kapsamında, sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline uygun öğretim ortamının öğretmenler ve öğrenciler üzerindeki uygulama becerilerine etkisi ve davranışları irdelenmiştir. Bu süreç, gözlem formlarına yansıtılarak elde edilen bulgular yorumlanmıştır. Araştırmada gözlem yöntemi, öğretmenler açısından uygulamaları yönetebilme ve hâkim olabilme gibi davranışları değerlendirmek; öğrenciler için ise, uygulamalara katılma, birbirleri ile ilişkilerini irdelemek amacı ile kullanılmıştır. Uygulama okulunda gerçekleştirilen gözlem yöntemi nicel araştırma yöntemlerinde ki gözlem türü olup öğretmenlerin ve öğrencilerin davranışlarını özellikle “Ne kadar?”, “Ne miktarda?”, “Ne kadar sık?” ve “Ne kadar yaygın?” sorularını kapsayan boyutları tespit edilerek veriler farklı kategorilerde incelenmiştir. Bu durum, araştırılan durum ile ilgili verilerin güvenirliğini de arttırıcı bir özellik taşımaktadır (Maynard ve Furlong, 1993).

Araştırmada öğretmenler için yarı-yapılandırılmış gözlem türü kullanılmıştır. Bu tür gözlemlerde ölçülmek istenen becerinin öğrenme ortamlarına yansıtılması durumuna göre Ek 14’deki gözlem formu, “Gözlendi=G”, “Kısmen Gözlendi=KG” ve “Gözlenmedi=GM” şeklinde kullanılmıştır. Bu formun geliştirilmesinde pilot uygulamalar, uzman görüşleri ve çalışmanın amacına uygun olarak öğretmen davranışlarını irdelemeye dönük amaç ve faktörler ele alınmıştır. Uygulama yapılan fizik öğretmenleri Ö5, Ö6 ve Ö7’dir.

Öğrencilere belirlenen sanal laboratuvar programlarının kullanışlılık eğitimi verildikten sonra, asıl uygulamalara geçilmiştir. Çalışmanın amacına, uzman ve öğretmen görüşlerine, uygulama aşamalarına ve pilot uygulama sonuçlarına uygun olarak öğrenciler için Ek14’deki gözlem formu kullanılmıştır. Bu aşamada öğrencilerin iletişim, etkinlik faaliyetlerinin ve sınıf içi davranışlarının gözlenmesi ile elde edilen veriler için not alma ve gözlem formu kullanmanın yanında sınıf ortamında kameralar da kullanılmıştır. Gözlem

formuna göre gerçekleştirilen gözlemler, gözlem anında ve hemen sonrasında yazılı olarak kaydedilmiştir.

3. 5. 1. 2. Mülakat

Fizik eğitimi alanında yapılan çalışmalarda; öğrencilerin çalışılan konu ile ilgili düşüncelerini/edinimlerini derinlemesine ortaya çıkarmada mülakat yöntemini kullanmanın önemli bir yeri vardır (Kurnaz, 2011). Bu yöntem kapsamında araştırmacılar, öğrencilerle etkileşime girerek onların sahip olduğu bilgilerin doğruluğunu/yanlışlığını, derinliğini ve bilgiler arasındaki ilişkileri inceleme fırsatı elde etmektedirler (Çepni, 2005; Yıldırım ve Şimşek, 2006). Yürütülen çalışmada, öğrencilerin elektrik ile ilgili kavramlara yönelik zihinsel modellerinin belirlenmesi hedeflendiğinden, derinlemesine bilgilere ihtiyaç duyulacaktır. Ayrıca çalışma kapsamında oluşturulacak sanal laboratuvar destekli öğretim ortamı için öğretmenlerin görüşlerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle öğrencilerin elektrik ve ilgili kavramlar hakkında sahip olduğu bilgilerin derinliğini, bilgiler arasındaki ilişkilerin varlığını ve boyutunu incelemek ve öğretmenlerin oluşturulan öğretim ortamı hakkındaki düşüncelerini tespit etmek amacıyla mülakatların kullanılması planlanmaktadır. Benzer uygulamayı, Frederiksen ve diğerleri (1999) ile Satır'da (2007) tercih etmiş ve elektrik konusuyla ilgili öğrencilerin zihinsel modellerini tespit etmek amacıyla yarı yapılandırılmış mülakatlar kullanmışlardır. Yarı yapılandırılmış mülakatlarda sorular hemen hemen bellidir. Ancak mülakatı yapan kişi, mülakat esnasında duruma göre soruların yerini değiştirebilir. Ayrıca mülakat sırasında farklı sorular ilave edilerek mülakat yapılan kişiden daha fazla açıklama alma imkânı sağlanabilir.

Öğrenciler ile yapılacak mülakatlarda, öğrencilerin istekli olanları tercih edilmiştir. Öğrenciler ve öğretmenlerle yapılan mülakatlarda öncelikle kavramsal anlama testinde her bir soruda yapmış oldukları açıklamaların gerekçeleri irdelenmiş ve görüşmenin seyri içerisinde yapılan literatür çalışmaları dikkate alınarak sorulması planlanan sorular, Tablo 25 ve 26'da sunulmuştur. Hazırlanan soruların amaçlanan bilgilerin tespit edilmesinde yeterli olup olmadığını belirlemek amacıyla 'Mülakat Soruları Uzman Değerlendirme Ölçeği' geliştirilmiştir. Daha sonra deneme amaçlı pilot uygulamaya katılan öğrencilere uygulanmıştır. Hazırlanan soruların, başarı düzeyini belirleme sınavında olduğu gibi öğrencilerin elektrik konusuyla ilgili teorik ve pratik bilgi düzeylerini tespit etmek amacı ile oluşturulmasına dikkat edilmiştir. Araştırmada amaçları ve alt amaçları tasarlamak ve yapılacak çalışmanın sürecini aşamalandırmak için hazırlanan mülakat soruları ve kullanım amaçları Tablo 23 ve Tablo 24'de gösterilmiştir.

Tablo 23. Fizik Öğretmenleri İçin Kullanılan Mülakat Soruları

Soru	N_1	N_2	Kullanım Amacı	Kullanılan Mülakat Sorusu
1	4	3	Sanal laboratuvarları hakkında bilgi düzeyini ölçme	Bilgisayar ve öğretim teknolojilerini takip ediyor musunuz?
2	4	3		Daha önce sanal laboratuvar programı kullandınız mı?
3	4	3	Sanal laboratuvarlarının kullanımı hakkında ön bilgi düzeyini ölçme	Kullandıysanız hangileri ve hangi konular için kullandınız?
4	4	3	Sanal laboratuvar destekli ders ortamına hazırlık ve uyum	Derse hazırlanırken zorlandınız mı?
5	4	3		Öğrencilerinizde, derse karşı ilgi arttı mı?
6	4	3		Öğrenmeyi kolaylaştırıyor mu?
7	4	3		Yapılan etkinlikleri uygularken en çok hangisinde zorlandınız?
8	4	3		Hazırlanan rehber materyal anlaşılır ve kullanışlı mı?
9	4	3	Hazırlanan rehber materyal hakkındaki görüşlerini belirleme	Örnekler, öğrenci seviyesi için yeterli ve uygun mudur?
10	4	3		Rehber materyal içerisindeki uygulamalar konuyu tam olarak kapsıyor mu?
11	4	3		Bundan sonra derslerinizde uygulamayı düşünüyor musunuz?
12	4	3		Öneri ve eleştirileriniz nelerdir?
13	4	3		FATİH projesi kapsamında akıllı tahta ve tablet dağıtıldığı zaman bu tür yazılımları kullanmayı düşünüyor musunuz?

N_1: pilot uygulamadaki öğretmen sayısı, N_2: asıl uygulamadaki öğretmen sayısı

Tablo 23'den de görüldüğü gibi, fizik öğretmenlerine yöneltilen sorular daha çok yapılan uygulamaları değerlendirme, görüş alma ve uyum sağlama becerisini ölçmeye yöneliktir. Öğretim materyalinin ve uygulamaların geliştirilmesi amacıyla pilot uygulamalarda 4 fizik öğretmeninin görüşleri ve önerileri dikkate alınmıştır. Asıl uygulamaları yürüten 3 fizik öğretmeni (Ö5, Ö6 ve Ö7) ile yapılan mülakat bulguları araştırma kapsamında irdelenmiştir. Araştırmaya katılan öğrenciler ile yapılan mülakatta kullanılan sorular aşağıda yer almaktadır.

Tablo 24.Öğrenciler İçin Kullanılan Mülakat Soruları

Soru	N_1	N_2	Kullanım Amacı	Kullanılan Mülakat Sorusu
1	5	8	Yapılan uygulamaları değerlendirme	Yapılan çalışmalarda en çok beğendiğiniz taraf ne oldu?
2	5	8		Yapılan çalışmalarda beğenmediğiniz ya da zorlandığınız uygulama nedir?
3	5	8		Fizik dersini, BT sınıfında işleme konusunda sizin ve öğretmeninizin davranışları açısından bir sorun oldu mu?
4	5	8		Bilgisayar ortamında deney yapmak hoşunuza gitti mi?
5	5	8		Bilgisayar kullanarak fizik dersi işlemek nasıldı?
6	5	8		Yapılan çalışmalarda en çok beğendiğiniz yön nedir?
7	5	8		Yapılan çalışmalarda beğenmediğiniz ya da zorlandığınız uygulamalar hangileridir?
8	5	8		Sanal laboratuvar programını kullanma konusunda sorun yaşadınız mı? Yaşadıysanız ne yaptınız?
9	5	8		Konu sana göre kolay olandan zora, basitten karmaşığa doğru gidiyor muydu? Böyle düşünmenin nedenini açıklar mısınız?

Tablo 24'ün devamı

10	5	8	Elektrik devreleri hakkındaki bilgi düzeylerini ölçme	Basit bir elektrik devresini çizip, çalışma prensibini açıklar mısınız?
11	5	8		Elektrik devresinde kullanılan nesnelerin adları ve görevlerini açıklar mısınız?
12	5	8		Elektrik devresinde ampermetre ve voltmetre bağlanımı hakkında bilgi verir misiniz?
13	5	8		Seri ve paralel devre arasındaki farklar nelerdir?
14	5	8	Uygulamalar hakkındaki görüş ve önerilerini belirleme	Fizik dersinin bu şekilde işlenmesine yönelik görüşleriniz nelerdir?

N_1: pilot uygulamadaki öğrenci sayısı, N_2: asıl uygulamadaki öğrenci sayısı

Tablo 24'den de görüldüğü gibi, uygulamalar sonucunda deney gruplarından istekli 8 öğrenci ile mülakat yapılmış ve bulgular irdelenmiştir. Araştırma kapsamında yapılan mülakatlar yazılı kayıtlara geçirildikten sonra tekrar öğretmen ve öğrencilere kontrol ettirilerek verdikleri cevaplarda samimi olma ve yanlış algılanma ihtimaline karşı geçerliliğin arttırılması sağlanmaya çalışılmıştır. Mülakatlardan üç gün sonra öğretmen ve öğrencilere satırları tekrar okutturulmuştur.

Araştırma iki farklı okulda yürütüldüğünden dolayı, mülakat yapılan öğrenciler hakkındaki bilgiler Tablo 25'de gösterilmiştir.

Tablo 25. Yarı Yapılandırılmış Mülakat Yapılan Öğrencilere Ait Bilgiler

Öğrenim Gördüğü Okul	Öğrenci	Cinsiyet
Anadolu Lisesi-1	GDÖ1	Kız
	GDÖ2	Kız
	GDÖ3	Erkek
	GDÖ4	Erkek
Anadolu Lisesi-2	SDÖ1	Erkek
	SDÖ2	Kız
	SDÖ3	Kız
	SDÖ4	Kız

Araştırma verileri analiz edilirken her bir alt amaca yönelik aşağıdaki süreçler takip edilmiştir:

1- Öğretmen ve öğrencilerden elde edilen veriler, görüşme formlarına işlenmiştir.
2- Veriler kodlandıktan sonra grafikler, matriksler ve networklar ile görsel hale dönüştürülmüştür.
3- Görsel ve ham verilere dayalı olarak veriler yorumlanmıştır.

3. 5. 1. 3. Basit Elektrik Devreleri Konusuna İlişkin Kavram Testi

Elektrik konusunda, bilinen ve yaygın olarak kullanılan bir test mevcut değildir (Demirci ve Çirkinoğlu, 2004). Bu nedenle, Maloney ve diğerleri (2001) tarafından

geliştirilen test, elektrik akımı ve devreleri konusu dışında sadece elektrostatik ve manyetizma konularında 11 farklı kavram hakkında değerlendirme yapmada kullanılan 32 çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Testin geçerlilik güvenilirlik analizi 4 yıl boyunca 30 farklı fakültede öğrenim gören 5000'den fazla öğrenci ile yapılmıştır. Başlangıçta iki farklı test olan 'Elektrik Kavram Testi (EKT)' ve 'Manyetizma Kavram Testi (MKT)' testlerinden meydana gelmiş ve ilk hali 1995-1996 eğitim-öğretim yılında lise düzeyinde bir sınıfa uygulanmıştır. Daha sonraki analizler ve güncellemeler sonucunda 'Elektrik ve Manyetizma Kavram Testi - EMKT' adı altında tek test şeklinde düzenlenmiştir (Narjaikaew, 2012).

Elektrik devreleri konusuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, lise ve üniversite öğrencileri ile yapılan çalışmalarda daha çok geçerlilik ve güvenilirlik çalışması yapılmış (KR-20=0,70) olan Elektrik Devreleri Kavram Testi (EDKT)'nin kullanıldığı görülmektedir. Engelhardt ve Beichner tarafından geliştirilen bu test, elektrik devrelerinin fiziksel yönleri, akım, potansiyel fark ve enerji konularındaki kavram yanılgılarını ve kavramsal anlama düzeylerini ölçen dört alt boyuttan oluşan 29 soruluk çoktan seçmeli bir yapıya sahiptir. Engelhardt ve Beichner'a göre bu test, özel bir öğretim metodunun verimliliğini ölçmek için değil değişik öğretim metot, yöntem ve materyallerin verimliliğini ölçmek, kavram yanılgılarını ve kavramsal anlama düzeyindeki güçlükleri belirlemek amacıyla geliştirilmiş geçerli ve güvenilir bir testtir. Devreler konusunda öğrencilerin sahip olduğu ve giriş bölümünde belirtilen temel kavram yanılgıları ile ilgili test soruları çeldirici olarak kullanılmıştır. Testte, devreler ünitesindeki her temel kavram bilgisini, kavram yanılgısını ve kavramsal anlama düzeyindeki güçlüğü ölçmeyi amaçlayan en az bir soru bulunmaktadır (Engelhardt ve Beichner, 2004). Bu test, bazı çalışmalarda aynen kullanılmıştır (Ateş, 2005; Ateş ve Polat, 2005; O'Dwyer, 2009).

Elektrik Devreleri konusu ile ilgili ortaöğretim 9. sınıf öğrencilerinin sahip oldukları kavram yanılgılarını tespit etmek amacıyla geliştirilen testlerden biri de Küçüközer (2004) tarafından geliştirilen testtir. Satır (2007) tarafından da ortaöğretim öğrencileri, öğretmen adayları ve öğretmenlerin sahip oldukları kavram yanılgılarını belirlemek amacıyla kullanılan bu test "Açıklamalı çoktan seçmeli test" şeklindedir. Öğrencilerden her bir soruda açıklama yapmalarının istenilmesinin nedeni, araştırmanın nitel bir çalışma boyutunun olmasındandır. Nitel araştırmalarda örneklem grubunun sahip olduğu fikirlerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu türden sorular literatürde "diagnostic questions", "research probes" olarak adlandırılmaktadır (Kabapınar, 2003). Türkiye'de bu türden sorulara verilen isimler "sondaj soruları" (Kabapınar, 1998), "tanı koymaya yönelik sorular" (Kocakülah, 2002) ve "teşhis edici test" (Atasoy ve Akdeniz, 2007) şeklindedir.

Fakat bu tür testlerin kullanımının öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemede yetersiz kaldığı ve yanlışlıkların yapılabileceğini belirten araştırmalarda mevcuttur (MEB, 2016).

Elektrik konusundaki kavram yanılgılarını belirlemeye yönelik kullanılan yöntemler arasında “iki-aşamalı testler” ve “üç-aşamalı testler” yer almaktadır. İki-aşamalı testler, Treagust tarafından geliştirilmiş olup; birinci aşamasında çoktan seçmeli sorular, ikinci aşamasında ise, sorunun bilimsel cevabını ve olası kavram yanılgılarını içeren seçenekler bulunmaktadır (Demirezen ve Yağbasan, 2013; Kumaş, 2015). İki-aşamalı sorulara, öğrencinin verdiği cevaptan emin olup olmadığını sorgulayan bir aşamanın daha eklenmesiyle üç-aşamalı sorular elde edilmiştir (Eryılmaz ve Sürmeli, 2002). Üç-aşamalı soruları farklı şekilde kullanarak 11. sınıf öğrencileri ile “Basit Elektrik Devreleri Konusu” ile ilgili yürütülen bir çalışmada, birinci aşamada açık uçlu soru, ikinci aşamada verilen cevabın nedeninin sorgulandığı ve üçüncü aşamada verilen cevaplardan emin olup olmadığı sorulmuştur (Demirezen ve Yağbasan, 2013). Buna göre, eğer öğrenci birinci aşamayı yanlış cevaplarsa daha sonra ikinci aşamada da birinci aşamadaki yanlışını destekleyici açıklama yaparsa ve üçüncü aşamada emin olmadığını belirtmişse öğrencinin bilgi eksikliği ya da kavram yanılgısı içinde olduğu sonucuna varılır.

Hazırlanması, uygulanması ve yorumlanması çok daha zaman alan açık uçlu soruların yer aldığı testlerde ise, öğrencilerin verecekleri cevaplar çok daha detaylı şekilde incelenebilmektedir. Bu sayede kavramsal anlama düzeyinin daha doğru tespit edilmesi ve olası yanlışlık ya da eksikliklerin arkasında yatan nedenlerin daha iyi görülmesi de mümkün olabilmektedir (Alkış, 2006). Çalışmada incelenecek konu, öğrenci seviyesi ve çalışma koşulları dikkate alındığında çoktan seçmeli sorularla ve açıklamalı çoktan seçmeli testlerle öğrencilerin elektrik konusu ile ilgili zihinsel modellerinin belirlenemeyeceği açıktır. Bu nedenle çalışma kapsamında kullanılan sınavda açık uçlu sorulardan yararlanılmıştır. Böylece öğrencilere farklı yöntemlerle serbestçe yazma imkânı, araştırmacılara da farklı yöntemlerle derinlemesine veri elde etme olanağı sunulacağı düşünülmektedir. Ayrıca benzer çalışmalarda da bu tür açık uçlu sorulardan faydalanılmış olması (Çökelez ve Yürümezoğlu, 2009; Kumaş, 2015; Kurnaz, 2011) veri toplamak için benimsenen soru tipini desteklemektedir.

3. 5. 1. 3. 1. Araştırmada Kullanılan Kavram Testinin Geliştirilmesi

Zihinsel modeller bireylerin zihnindeki içsel/bilişsel sunumlardır (bkz. 1.8.1.2.1 başlığı). Ayrıca bu sunumlar, bireylerin sahip oldukları düşüncelerin anlaşılmasında ve açıklanmasında soyut araçlardır. Buna göre zihinsel modeller, bilginin üç özel boyutunu içermektedir: 1- içerik bilgisi (content knowledge), 2- yapı bilgisi (structural knowledge), 3-

işlemsel bilgi (procedural knowledge) (Hill, 2010; Kurnaz, 2011). İçerik bilgisi; modellenen gerçeğe ait tanımlayıcı/açıklayıcı bilgilerle, yapı bilgisi; modellenen gerçeğe ait ilişkiler ağıyla ve işlemsel bilgi; modellenen gerçeğe ait içerik ve yapı bilgilerinin kullanılması ile ilgilidir. Bundan dolayı içerik ve yapı bilgileri, gerçeğe ait teorik bilgileri, işlemsel bilgi ise pratik bilgileri yansıtmaktadır (Kurnaz, 2011). Buna göre, öğrencilerin elektrik konusuyla ilgili kavramlara ait zihinsel modellerini belirleyici sorular sorulması gerekmektedir.

Araştırma kapsamında kullanılan soruların hazırlanmasında ilk olarak lise 1. sınıf "Elektrik" konusuna ait konular, alt konular, kazanımlar, yönlendirmeler, ölçme ve değerlendirme hedefleri dikkate alınarak konunun boyutları biçimlendirilmiştir.

Araştırmanın amacına uygun olarak bireylerin kavram bilgisi, ilgili kavramı tanımasının yanında ilgili kavramlar arasındaki ilişkileri ve geçişleri bilmeyi gerektirmektedir (Baki, 2006; Kurnaz, 2011). Ayrıca kavramların sadece tanımlarla öğretilemeyeceği, kavramın tüm yönlerinin ve anlam bulduğu ilişkili kavramlardan ayrımın yapılarak öğretilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Ayas, 2005).

Araştırmanın amacı ve yöntemi dikkate alındığında oldukça fazla detay çalışma ve araştırmaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Zihinsel modeller, genellikle tamamlanmamış, kendisiyle çelişen ve tutarsız yapıda ve kişiye özel olması nedeniyle ortaya çıkarılmaları oldukça zordur (Hill, 2010). Bu nedenle, testin geliştirilme sürecinin, dikkatle yürütülmesi ve derinlemesine veri elde edebilecek nitelikte soru çeşitliliğine yer vermesi gerektiği düşünülmektedir. Bundan dolayı testi geliştirme sürecinin tüm aşamalarında uzman görüşlerine, ortaöğretim fizik öğretmenlerine sıkça başvurulmuş ve konu ile ilgili literatürdeki çalışmalar dikkate alınmıştır.

Çalışmada kullanılan ölçme aracı, elektrik devreleri kavram testidir. Bu test, detaylı bir literatür taraması sonucu elde edilen çeşitli kaynaklardan faydalanılarak geliştirilmiştir (Ateş ve Polat, 2005; Aykutlu ve Şen, 2011; Bawaneh, Zain ve Saleh, 2010; Engelhardt ve Beichner, 2003; Karagöz ve Özdener, 2007; Karakuyu ve Tüysüz, 2011; Şen ve Eryılmaz, 2011; Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010). Literatürden elde edilen bazı sorular, hiçbir değişiklik yapılmadan Türkçe'ye çevrilmiş, bazı sorular ise araştırmacı tarafından literatürdeki sorulardan faydalanılarak geliştirilmiştir. Öğretim programları incelenerek adayların bilmesi gerektiği düşünülen kavramlar ve özellikleri dikkate alınarak açık uçlu sorulardan oluşturulan bir Kavram Testi tasarlanmıştır (İyibil, 2010). Sorular iki ya da üç-aşamalı şekilde hazırlanmasından ziyade, öğrenci seviyesi ve konu içeriği dikkate alınarak öğrenciye "verdiğin cevaptan emin misin?" sorusu yerine farklı tipteki sorularla cevaplar kıyaslanmıştır. Kıyaslanan sorular arasındaki tutarlılık durumu incelenerek kavram yanılgısı, bilgi eksikliği ya da kavram karmaşası içinde olduğu sonucuna varılmıştır. Kavram Testinde karşılaştırma yapılan sorular ve amaçları Tablo 26'da gösterilmektedir.

Tablo 26. Kavram Testindeki Kıyaslanma Yapılan Sorular ve Kazanımları

Kazanımlar	Kavram Testindeki Soruların Numaraları
Basit Elektrik Devresini oluşturan nesneleri tanıma	Soru 1-2-3-16-17
Elektrik yükleri ve akımı arasındaki ilişkiyi bilme	Soru 2-3
Akım, direnç ve potansiyel fark arasındaki ilişkiyi bilme	Soru 6-7-8
Elektrik akımı ile elektrik enerjisi arasındaki ilişkiyi bilme	Soru 9-10-15
Üretecin görevini bilme	Soru 5-12
Bir elektrik devresinde lambanın nasıl yandığını bilme	Soru 11-12-13
Seri ve paralel bağlı devre oluşturma	Soru 16-17

Kapsam ve uzman geçerliliğini sağlamak için geliştirilen test, fizik eğitimi uzmanları ile ortaöğretim kurumlarında görev yapan fizik öğretmenleri tarafından incelenmiştir. Uzman görüşleri için Şen ve Eryılmaz (2011) tarafından geliştirilen Ek-8'deki geri-dönüt formu kullanılmıştır. Basit Elektrik Devreleri Kavram Testinin uygulanması sırasında, öğrencilerin soruları rahatça cevaplayabilmeleri için bir ders saatinin (40 dk.) uygun olacağı düşünülmüştür.

3. 5. 1. 3. 2. Kavram Testinin Pilot Uygulaması ve Asıl Uygulama İçin Düzenleme Çalışmaları

Araştırmada kullanılan Ek-7'deki Kavram Testi ile ilgili hazırlık aşamasındaki pilot çalışmalardan elde edilen veriler Tablo 27'de sunulmaktadır.

Tablo 27. Öğrencilerin Pilot Uygulamadaki Ön Test - Son Test Bulguları

Soru	Hedef	Ön test			Son test		
		Ortalama	Kız ort.	Erkek ort.	Ortalama	Kız ort.	Erkek ort.
Soru-1	Elektrik devresindeki materyallerin ismini ifade etme	5.0	4.531	6.071	7.212	7.219	7.214
	Elektrik devresindeki materyallerin sembollerini ifade etme	3.739	3.313	4.714	6.522	6.563	6.429
	Elektrik devresindeki materyallerin şeklini çizebilme	1.957	1.594	2.786	5.783	5.563	6.286
Soru-2	Basit bir devre çizerek yüklerin hareket yönünü gösterme	0.0	0.0	0.0	0.413	0.375	0.500
Soru-3	Basit bir devre çizerek akımın yönünü gösterme	0.217	0.188	0.286	0.587	0.563	0.643

Tablo 27'nin devamı

Soru-4	Elektrik ile akım arasındaki ilişkiyi açıklama	0.217	0.203	0.250	0.076	0.078	0.071
Soru-5	Üreteci bilme	0.217	0.188	0.286	0.304	0.281	0.357
Soru-6	Akım ile direnç arasındaki ilişkiyi bilme	0.293	0.313	0.250	0.272	0.266	0.286
Soru-7		0.141	0.141	0.143	0.130	0.141	0.107
Soru-8	Direnç ile potansiyel fark arasındaki ilişkiyi bilme	0.098	0.141	0.0	0.261	0.344	0.071
Soru-9	Direnç ile elektrik enerjisi arasındaki ilişkiyi bilme	0.348	0.359	0.321	0.207	0.250	0.107
Soru-10	Elektrik enerjisi ile elektrik akımı arasındaki ilişkiyi bilme	0.141	0.156	0.107	0.207	0.156	0.321
Soru-11	Bir elektrik devresine bağlı ampulün etkilerini bilme	0.728	0.656	0.893	0.880	0.922	0.786
Soru-12		0.543	0.547	0.536	0.413	0.344	0.571
Soru-13		0.674	0.641	0.750	0.859	0.938	0.679
Soru-14		0.554	0.578	0.500	0.609	0.688	0.429
Soru-15		0.424	0.391	0.500	0.446	0.422	0.500
Soru-16	Basit bir elektrik devresine ampermetre bağlama	0.674	0.594	0.857	0.717	0.719	0.714
	Basit bir elektrik devresine voltmetre bağlama	0.120	0.141	0.71	0.152	0.094	0.286
Soru-17	Seri bağlı devre özelliklerini bilme	0.315	0.313	0.321	0.609	0.578	0.679
	Paralel bağlı devre özelliklerini bilme	0.200	0.293	0.193	0.511	0.438	0.679

Tablo 27'den de görüldüğü gibi, soruların tamamında uygulamaya katılan öğrencilerin ortalamalarında artış belirlenmiştir.

3. 5. 1. 3. 3. Kavram Testinden Elde Edilen Verilerin Analizi

Öğretim sürecinde testler/sınavlar çeşitli amaçlar için kullanılmasının dışında, sıklıkla öğrencilerin bir konu veya kavram hakkındaki yanılgılarını, eksikliklerini ve öğrenme düzeylerini belirlemek amacıyla da kullanılmaktadır (Kurnaz, 2011). Öğrencilerin kavramlarla ilgili düşüncelerini ayrıntılı bir şekilde belirlemek için klinik mülakat, olaylar ve durumlar hakkında görüşme gibi yöntemlerin uygulandığı (Boeha, 1990) ve bunun yanında açık uçlu soruları içeren testlerin kullanıldığı bilinmektedir (Cokelez ve Yurumezoglu, 2009; Demircioğlu, Özmen ve Ayas, 2002). Ayrıca kavram yanılgılarını belirlemek için en sık kullanılan yöntemlerden biride çoktan seçmeli testlerdir (Bawaneh, Zain ve Saleh, 2010; Demirci ve Çirkinoğlu, 2004; Dorneles ve diğ., 2010; Engelhardt ve Beichner, 2004; Jimoyiannis ve Komis, 2003; Savinainen ve Scott, 2002; Şen ve Eryılmaz, 2011). Çoktan seçmeli testlerin yanında doğru-yanlış ve eşleştirme tipi sorularında kullanıldığı görülmektedir (Şen ve Eryılmaz, 2011). Ancak, bu yöntemlerle öğrencilerin o yanıtı neden seçtiğini belirlemek güçtür. Bu nedenle, testler uygulandıktan sonra öğrencilerle mülakat yapıldığı görülmektedir (Brown, 1989; Engelhardt ve Beichner, 2004; İyibil, 2010).

Öğrencilerin elektrik konusuna ilişkin zihinsel modellerini ortaya çıkarabilmek için öncelikle onların anlama seviyeleri belirlenmiştir. Araştırmada geliştirilen Kavram Testi açık uçlu sorulardan oluşturulmuş ve analiz edilirken frekans dağılımları ile yüzde değerleri kullanılmıştır (Kurnaz, 2011). Açık uçlu soru testleri, öğrencinin yanıtı kendisinin düşünüp organize ettiği, anahtarlanmış tek bir doğru yanıtı olmayan test türüdür (Paliç-Şadoğlu, 2014). Bu tür testleri yanıtlamak ve değerlendirmek oldukça zaman almakta ve puanlandırılması çok zordur. Puanlamadaki güvenirliğin düşük olması da ayrı bir sorundur. Bu nedenle, güvenirliği sağlamak için iki farklı puanlayıcı tarafından öğrencilerin Kavram Testinde verdikleri cevaplar puanlanmış ve puanlar arasındaki tutarlılığı irdelenmiştir. Kavram Testinin puanlanmasında Dereceli Puanlama Anahtarı kullanılmıştır. Dereceli Puanlama Anahtarı oluşturulurken daha önceden yapılmış benzer çalışmalardan faydalanılmıştır (İyibil, 2010; Kumaş, 2015; Kurnaz, 2011; Paliç-Şadoğlu, 2014). Kullanılan Dereceli Puanlama Anahtarına ait bilgiler Tablo 28 -32 arasında verilmektedir.

Hazırlanan Basit Elektrik Devreleri Kavram Testindeki soruların farklı yapısından dolayı aşamalı sorular ve tek cevaplı sorular olmak üzere ayrı ayrı analiz edilme ve puanlama gereği duyulmuştur. Öğrencilerin elektrik konusunda geçen malzemeleri tanıma düzeylerini belirlemeye yönelik olarak araştırmayı hedefleyen 1. sorunun puanlaması Tablo 28'de gösterilmektedir.

Tablo 28. Kavram Testindeki 1. Sorunun Bölümleri ve Yapılan Puanlama Düzeylerine Göre İşlemler

1.sorunun bölümleri	Cevap durumu	Puanlama	Yapılan işlem
Elektrik devre elemanının ismini bilme	10 nesnenin adını doğru olarak yazabilme	Verilen cevaplardaki doğru yazımlar hesaplanır	• Alınabilecek en yüksek puan: 10 • Doğru cevap sayısına göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme
Elektrik devre elemanının sembolünü bilme	9 nesnenin sembolünü doğru olarak yazabilme	Verilen cevaplardaki doğru yazımlar hesaplanır	• Alınabilecek en yüksek puan: 9 • Doğru cevap sayısına göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme
Elektrik devre elemanının şeklini bilme	9 nesnenin şeklini doğru olarak çizebilme	Verilen cevaplardaki doğru yazımlar hesaplanır	• Alınabilecek en yüksek puan: 9 • Doğru cevap sayısına göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme

Öğrencilerin kapalı bir elektrik devresini çizebilme ve akımın yönünü doğru olarak gösterme düzeylerini belirlemeyi hedefleyen 2. ve 3. soruların puanlamaları Tablo 29'da gösterilmektedir.

Tablo 29.Kavram Testindeki 2. ve 3. Sorunun Bölümleri ve Yapılan Puanlama Düzeylerine Göre İşlemler

2. ve 3. soruların bölümleri	Puanlama	Yapılan işlem
Kapalı bir elektrik devresi çizebilme	Bilimsel olarak doğru: 2 Yanlış çizim: 1 Boş bırakılmış ya da "Bilmiyorum": 0	• Cevap seviyesine göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme
Elektronların hareketinin yönünü doğru olarak gösterebilme / Akımın yönünü doğru olarak gösterebilme	Bilimsel olarak doğru: 2 Yanlış gösterim: 1 Boş bırakılmış ya da "Bilmiyorum": 0	• Cevap seviyesine göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme

Kavram Testindeki ve açık uçlu 3-15 sorulardan elde edilen verilerin analizi, Abraham ve diğerlerinin (1994) oluşturduğu ve aşağıdaki kriterler dikkate alınarak yapılan puanlama Tablo 30'da gösterilmektedir.

Tablo 30. Kavram Testindeki 4-15.Sorulara Verdikleri Cevaplara Göre Puanlama Düzeyleri ve Yapılan İşlemler

Cevap durumu	Puan	Yapılan işlem
Bilimsel olarak doğru	4	• Yüzdeyi belirleme
Sadece eksik cevap verilmiş (Bilimsel olarak yazılan doğru fakat eksikler var)	3	• Cevap seviyesine göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme
Yarı doğru yarı yanlış (Bilimsel anlamda doğruları da var, yanlışlar da var.)	2	• Cevap seviyesine göre derecelendirme
Tamamen yanlış cevap	1	• Ait olduğu modeli belirleme
Boş bırakılmış ya da "Bilmiyorum", "Hatırlamıyorum" şeklinde yazmış	0	• Yüzdeyi belirleme

Öğrencilerin ampermetre ve voltmetreyi devreye doğru bir şekilde bağlamaya yönelik olarak öğrenci düzeylerini belirlemeyi hedefleyen 16. sorunun puanlaması Tablo 31'de gösterilmektedir.

Tablo 31. Kavram Testindeki 16. Sorunun Bölümleri, Yapılan Puanlama Düzeyleri ve İşlemler

16.sorunun bölümleri	Puanlama	Yapılan işlem
Ampermetrenin devreye doğru olarak bağlanması	• Bilimsel olarak doğru: 4 • Sadece eksik cevap verilmiş (Bilimsel olarak yazılan doğru fakat eksikler var): 3 • Yarı doğru yarı yanlış (Bilimsel anlamda doğruları da var, yanlışlar da var.):2 • Tamamen yanlış cevap: 1 • Boş bırakılmış ya da "Bilmiyorum" şeklinde yazılmış: 0	• Cevap seviyesine göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme
Voltmetrenin devreye doğru olarak bağlanması	• Bilimsel olarak doğru: 4 • Sadece eksik cevap verilmiş (Bilimsel olarak yazılan doğru fakat eksikler var): 3 • Yarı doğru yarı yanlış (Bilimsel anlamda doğruları da var, yanlışlar da var.):2 • Tamamen yanlış cevap: 1 • Boş bırakılmış ya da "Bilmiyorum" şeklinde yazılmış: 0	• Cevap seviyesine göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme

Seri ve paralel devreleri analiz etmeye yönelik araştırmayı hedefleyen 17. sorunun puanlaması Tablo 32'de gösterilmektedir.

Tablo 32. Kavram Testindeki 17. Sorunun Bölümleri ve Yapılan Puanlama Düzeylerine Göre İşlemler

17.sorunun bölümleri	Puanlama	Yapılan işlem
Seri devreyi doğru olarak çizebilme ve özelliklerini belirtme	• Bilimsel olarak doğru: 3 çizim ve açıklama • Sadece çizim ya da açıklama: 2 • Tamamen yanlış cevap: 1 • Boş bırakılmış ya da "Bilmiyorum" şeklinde yazılmış: 0	• Cevap seviyesine göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme
Paralel devreyi doğru olarak çizebilme ve özelliklerini belirtme	• Bilimsel olarak doğru: 4 • Sadece eksik cevap verilmiş (Bilimsel olarak yazılan doğru fakat eksikler var): 3 • Yarı doğru yarı yanlış (Bilimsel anlamda doğruları da var, yanlışlar da var.): 2 • Tamamen yanlış cevap: 1 • Boş bırakılmış ya da "Bilmiyorum" şeklinde yazılmış: 0	• Cevap seviyesine göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme

Araştırmaya katılan öğrenci sayısı dikkate alındığında, parametrik olmayan test kullanılması gerektiği ön plana çıkmıştır. Deney ve kontrol grupları arasındaki ön test ve sonsesti bulgularını analiz etmek amacıyla SPSS'te İlişkili Ölçümler için İki-faktörlü Varyans Analizi (Two-Way ANOVA) ve soru bazında karşılaştırma yapmak için Wilcoxon Eşleştirilmiş Örneklem Testinin kullanılması uygun görülmüştür.

3. 5. 2. Öğrenme Ortamının Analizi

Öğretmen rehber materyali, öğrenci çalışma yaprakları ve gözlem formları uygulama şekline yönelik analizler kapsamında sunulmuştur. Öğretmen rehber materyali ile ilgili analizler, asıl uygulama sürecinden önce tamamlanmıştır.

3. 5. 2. 1. Öğrenci Çalışma Yapraklarını Dikkate Alarak Yapılan Süreç Analizi

Öğrenci çalışma yapraklarından elde edilen veriler, sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline yönelik geliştirilen uygulama materyalinin geliştirilmesine ve yürütülen uygulamalara ait önemli veriler içermektedir. Çalışma yapraklarındaki; hipotez kurarak değişkenleri belirleme, verilerden genellemelere ulaşma gibi alanlar doküman analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan doküman analizlerinde nitel yaklaşıma dayalı betimsel analiz yöntemi kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma yapraklarından elde edilen veriler "Keşfetme" aşamasındaki elektrik devrelerinin isim, sembol ve şekillerini belirten kısım haricinde yapılan puanlama cetveli Tablo 33'de gösterilmektedir.

Tablo 33. Öğrencilerin Çalışma Yapraklarındaki Cevaplarının Analizinde Kullanılan Puanlama Düzeyleri ve Yapılan İşlemler

Cevap durumu	Puan	Yapılan işlem
Bilimsel olarak doğru	4	• Yüzdeyi belirleme
Sadece eksik cevap verilmiş (Bilimsel olarak yazılan doğru fakat eksikler var)	3	• Cevap seviyesine göre derecelendirme • Yanlış verinin hangi modele ait olduğunu belirleme
Yarı doğru yarı yanlış (Bilimsel anlamda doğruları da var, yanlışlar da var.)	2	• Cevap seviyesine göre derecelendirme
Tamamen yanlış cevap	1	• Ait olduğu modeli belirleme
Boş bırakılmış ya da "Bilmiyorum", "Hatırlamıyorum" şeklinde yazılmış	0	• Yüzdeyi belirleme

Uygulamaya katılan öğrencilerin zihinsel modelini belirlemek amacıyla Elektrik Devreleri Kavram Testi, çalışma yaprağı verileri ve mülakat verileri dikkate alınmıştır. Böylelikle öğrencilerin zihinsel modelleri ve ifade şekilleri daha ayrıntılı olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

3. 5. 3. Zihinsel Modellerin Oluşturulması

Araştırmaya katılan deney grubu öğrencilerinin zihinsel modellerini belirlemede Kavram Testi, çalışma yaprakları, mülakat ve gözlem verileri kullanılmıştır. Her bir

öğrenciye GDÖ1, SDÖ2, vb. (iki farklı okul olduğundan dolayı okulların ilk harfleri “G” ve “S” kullanılmıştır. Deney grubuna ait öğrenci olduğunu belirlemek içinde “D” kullanılmıştır.) şeklinde kodlar verilmiş, ölçme araç ve yöntemlerinden elde edilen veriler kullanılarak öğrencilerin sahip olduğu zihinsel modeller belirlenmiştir. Literatür araştırmalarından elde edilen ve Tablo 3’de gösterilen zihinsel modellerin yanında yeni belirlenenlerde eklenerek yorumlanmıştır.

3. 5. 4. Geçerlilik ve Güvenirlik Çalışmaları

Nitel araştırmalarda güvenilirlik, araştırmanın teyit edilebilirliği (dış güvenilirlik) ve tutarlılığıyla (iç güvenilirlik) değerlendirilmektedir. Araştırmacının rolü, çalışma grubunun, sosyal ortamın, veri toplama ve analiz yöntemlerinin açıkça belirtilmesi gerekmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Bu nedenle çalışmada yapılan tüm uygulamalar ve kullanılan araçlar kapsamlı bir şekilde yansıtılmaya çalışılmaktadır.

Araştırmada kullanılan kavram testi, açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Ön test ve son test olarak kullanılan testin geçerlilik ve güvenirliğini sağlamak amacıyla alan uzmanları ve öğretmenler ile kapsam incelemesi, uyumluluk ve tutarlılık çalışmaları yürütülmüştür. Bu kapsamda, hazırlanan problemlere yönelik olarak fizik eğitimi alanında dört öğretim görevlisi ve sekiz fizik öğretmenin görüşleri alınmıştır. Fizik eğitimi alanındaki öğretim üyeleri iki farklı üniversitede çalışmakta ve öğretmenlerin tamamı İstanbul ilinde çeşitli liselerde görev yapmaktadırlar.

Hazırlanan testin dili, öğrencilere uygunluğu ve anlaşılırlığını irdelemek amacıyla pilot çalışma 46 öğrenci ile yapılmıştır. Araştırmanın görev yaptığı okulda ve kendi ders saatinde, pilot uygulamalar yapılmıştır. Pilot uygulamalardan elde edilen veriler dikkate alınarak anlaşılma güçlüğü çekilen sorular tekrar düzenlenmiştir. Çeşitlemenin nitel araştırmalarda geçerliliği sağlamada güçlü bir role sahip olduğu vurgulanmaktadır (Cohen, Eylon ve Ganiel, 2002). Yürütülen araştırmada nitel verilerin geçerliği, katılımcı gözlem, mülakatlar ve değerlendirme formları ile arttırılmaya çalışılmıştır.

Araştırmada kullanılan sınav kâğıtlarının ve mülakatların araştırmacı ve öğrenciler arasında kalacağını ve isim verilerek her hangi bir üçüncü şâhısa aktarılmayacağı ifade edilmiştir. Ayrıca mülakatlar transkript hale dönüştürüldükten sonra mülakat yapılan kişilere tekrar okutularak onaylatılmıştır. Benzer durum öğretmenlerle yürütülen mülakatlar için de uygulanmıştır.

4. BULGULAR

Bu bölümde, araştırmanın temel problemi kapsamında belirtilen alt problemlere yönelik bulgulara yer verilmiştir. Araştırmanın asıl uygulamasından elde edilen bulgulara yer verilmeden önce araştırmanın hazırlık aşamasında yapılan ihtiyaç analizi çalışmasından elde edilen en önemli bulgulara dikkat çekilmiştir. Yürütülen araştırma kapsamında yapılan ihtiyaç analizi çalışmasında, öğretmenlerin yeni öğretim programlarını ve bilgisayar yazılımlarını genel anlamda destekledikleri, ancak bu programların uygulamasına yönelik yeni yöntem ve teknikler konusunda, daha fazla desteğe ihtiyaç duydukları tespit edilmiştir. Diğer taraftan çalışmaya katılan öğretmenlerin %85'i, "Elektrik" konularının sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak işlenmesinin etkili bir yöntem olacağını ifade etmişlerdir.

Yürütülen araştırmanın asıl uygulamasından elde edilen bulgular, her bir alt problem kapsamında ön test ve sontest olarak kullanılan veri toplama araçları, çalışma yaprakları, yarı yapılandırılmış mülakatlar ve süreç sonundaki gözlem formlarından elde edilen diğer bulgular şeklinde sunulmuştur. Araştırmanın ilk dört alt problemine yönelik bulgular değerlendirilirken, özellikle ön test ve sontest olarak kullanılan Kavram Testi, çalışma yaprakları gibi veri toplama araçları ile yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen veriler dikkate alınmıştır. Beşinci alt probleme yönelik bulguların değerlendirilmesinde ise, yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen verilerin analizi dikkate alınmıştır. Gözlemlerden elde edilen veriler, diğer ölçme araçlarından elde edilen verileri desteklemek ve yorumlamak amacıyla kullanılmıştır.

4. 1. Araştırmanın Birinci Alt Problemi ile İlgili Bulgular

Araştırmanın birinci alt problemi, sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, öğrencilerin elektrik konusundaki öğrenmeleri üzerindeki etki düzeyi ile ilgilidir. Birinci alt probleme dayalı olarak Kavram Testinden ve öğrenciler ile yapılan yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen bulgular ayrı ayrı başlıklar halinde sunulmuştur.

4. 1. 1. Basit Elektrik Devreleri Kavram Testinden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde, kavram testi (Ek-7) kullanılarak elde edilen verilerin analizine yer verilmiştir. Çalışma iki farklı okulda uygulandığından her bir okuldaki deney ve kontrol

grupları ayrı ayrı analiz edilmiştir. Anadolu Lisesi-1, “AL-1” ve Anadolu Lisesi-2 “AL-2” ile gösterilmiştir. Öncelikle deney ve kontrol grubu öğrencileri arasında akademik anlamda farklılığı sorgulamak için “İlişkili Ölçümler için İki-faktörlü Varyans Analizi” kullanılarak elde edilen veriler Tablo 34’de sunulmuştur.

Tablo 34. Araştırmaya Katılan Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin Toplamda Öntest-Sontest Başarı Puanları

Grup	N	Uyg. Öncesi		Uyg. Sonrası		F	p
		Ort.	s.s.	Ort.	s.s.		
Deney Grubu	44	50.93	9.72	68.36	6.20	12.447	.000
Konrol Grubu	42	48.81	9.23	59.43	7.19		

Tablo 34’de görüldüğü gibi, araştırmaya katılan deney ve kontrol grupları arasında ön test ve son test puanları açısından deney grubu lehine anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<.05$). Elde edilen bu bulgunun okul ve gruplar arasındaki ilişkileri ayrıntılı olarak incelenmiş ve yorumlanmıştır.

Araştırmaya katılan deney ve kontrol gruplarının bağlı oldukları okullara göre gruplarının ön test-son test verilerine ait Wilcoxon eşleştirilmiş iki örneklem testi kullanılarak elde edilen istatistiksel analiz sonuçları, Tablo 35 ile Tablo 58 arasında gösterilmektedir.

Tablo 35. Araştırmaya Katılan Öğrencilerinin Öntest-Sontest Başarı Puanları

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	53.32	8.94	-3.98	.000
			Sontest	70.32	6.69		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	50.57	10.84	-3.65	.000
			Sontest	62.43	6.41		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	48.55	10.08	-4.12	.000
			Sontest	66.50	5.05		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	47.05	7.12	-4.02	.000
			Sontest	56.43	6.78		

Tablo 35’de görüldüğü gibi, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerinin akademik başarılarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<.05$). Ayrıca her iki okulda da deney gruplarının ortalama puanlarındaki artışın, kontrol gruplarındaki ortalama puanlara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Testteki soruların analizleri Tablo 36’da sunulmaktadır.

Tablo 36. 1. Soruda Elektrik Nesnelerinin İsimlerine Yönelik Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	6.82	1.22	-1.02	.308
			Sontest	7.19	1.26		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	6.24	1.37	-3.85	.000
			Sontest	8.43	0.87		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	6.36	1.62	-1.62	.105
			Sontest	6.95	0.65		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	4.90	1.136	-2.71	.007
			Sontest	5.67	1.15		

Tablo 36'da görüldüğü gibi, elektrik nesnelerinin isimlerini belirtme açısından kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (p>.05). Elektrik nesnelerinin isimlerini bilme konusunda deney ve kontrol gruplarının tamamı başarılı olsa da, kontrol gruplarındaki artışın deney gruplarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. 1. soruda elektrik nesnelerinin gerçek görünümlü şekillerine yönelik cevapların analizi Tablo 37'de verilmiştir.

Tablo 37. 1. Soruda Elektrik Nesnelerinin Gerçek Görünümlü Şekillerine Yönelik Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	4.41	1.65	-2.50	.013
			Sontest	5.77	1.54		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	3.48	2.14	-2.64	.008
			Sontest	4.76	2.02		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	2.91	2.54	-2.39	.017
			Sontest	4.59	2.02		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.48	1.50	-2.68	.007
			Sontest	4.00	1.45		

Tablo 37'de görüldüğü gibi, her iki okulda da araştırmaya katılan kontrol grubu öğrencilerinin, elektrik nesnelerinin şekillerini bilme açısından başarılı oldukları tespit edilmiştir (p<.05). Elektrik devresinde yer alan nesnelerin sembollerini bilmeye yönelik yönelik cevapların analizi Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 38. 1. Soruda Elektrik Sembollerine Yönelik Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	5.91	2.22	-1.71	.087
			Sontest	6.91	1.06		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	5.86	1.80	-3.85	.000
			Sontest	8.43	0.87		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	5.82	1.40	-2.86	.004
			Sontest	6.91	0.75		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	3.76	1.37	-2.95	.003
			Sontest	5.10	1.58		

Tablo 38'de görüldüğü gibi, kontrol gruplarının her ikisinde de anlamlı bir farklılık görülürken, AL-2'deki deney grubunun da başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 39. 2. Soruda Elektrik Devresi Çizmeye Yönelik Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	1.86	0.47	-1.34	.180
			Sontest	2.00	0		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.95	0.22	-1.00	.317
			Sontest	2.00	0		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	1.82	0.59	-1.41	.157
			Sontest	2.00	0		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.76	0.62	-1.63	.102
			Sontest	2.00	0		

Tablo 39'da görüldüğü gibi, her iki okulda da deney grubu öğrencileri lehine, basit elektrik devresi çizebilme açısından anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir (p>.05).

Tablo 40. 2. Soruda Yüklerin Yönünü Doğru Şekilde Gösterebilmeye Yönelik Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	1.23	0.75	-1.26	.207
			Sontest	1.50	0.74		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.29	0.56	-0.07	.942
			Sontest	1.29	0.64		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	1.50	0.74	-1.22	.222
			Sontest	1.73	0.46		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	0.90	0.62	-1.63	.102
			Sontest	1.01	0.54		

Tablo 40'da görüldüğü gibi, her iki okulda ki deney ve kontrol grupları arasında, elektrik yüklerinin yönünü doğru olarak gösterebilme açısından anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir (p>.05). Testin 3. maddesindeki elektrik akımının yönünü doğru şekilde gösterebilmeye yönelik verilen cevapların analizi Tablo 41'de gösterilmiştir.

Tablo 41. Öğrencilerin 3. Sorudaki Akım Yönünü Doğru Gösterebilmeye Yönelik Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	1.36	0.79	-2.74	.006
			Sontest	1.95	0.21		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.48	0.75	-2.43	.015
			Sontest	1.95	0.22		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	0.94	0.65	-3.91	.000
			Sontest	2.00	0.00		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.71	0.46	-2.24	.025
			Sontest	1.95	0.22		

Tablo 41'de görüldüğü gibi, her iki okuldaki deney ve kontrol grupları, elektrik akımının yönünü doğru olarak gösterebilme açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (p<.05). Elektrik ile akım arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik sorulan 4. soruya verilen cevapların analizi Tablo 42'de gösterilmiştir.

Tablo 42. Öğrencilerin 4. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	1.18	1.22	-3.76	.000
			Sontest	3.45	0.91		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.33	1.28	-0.08	.937
			Sontest	1.43	1.03		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	1.14	1.25	-3.39	.001
			Sontest	2.50	1.30		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.38	0.97	-1.00	.317
			Sontest	1.43	1.08		

Tablo 42'de görüldüğü gibi, elektrik ve akım arasındaki ilişkiyi belirleme açısından deney grubu lehine anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (p<.05). Testte üretecin görevini belirlemeye yönelik 5. soruya verilen cevaplar, Tablo 43'de gösterilmiştir.

Tablo 43. Öğrencilerin 5. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.36	1.33	-2.17	.030
			Sontest	3.00	0.31		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.00	1.22	-0.48	.632
			Sontest	2.19	1.08		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	2.45	1.06	-1.98	.048
			Sontest	3.00	0.53		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.43	1.03	-1.60	.109
			Sontest	2.71	0.64		

Tablo 43'de görüldüğü gibi, deney grubu öğrencileri için anlamlı bir farklılık gözlemlenmiştir (p<.05). Akım ve direnç arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik testteki 6. ve 7. soruya verilen cevapların analizi aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 44. Öğrencilerin 6. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.18	1.05	-1.58	.115
			Sontest	2.68	0.95		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.05	1.12	-0.60	.552
			Sontest	2.24	1.18		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	1.73	1.42	-1.49	.135
			Sontest	2.36	1.00		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.95	0.92	-2.88	.004
			Sontest	2.67	0.58		

Tablo 44'de görüldüğü gibi, 6. soru için sadece Anadolu Lisesi-2 kontrol grubu öğrencileri için farklılık görülmüştür (p<.05).

Tablo 45. Öğrencilerin 7. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	Z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.09	1.15	-2.59	.010
			Sontest	2.86	1.04		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.38	1.20	-0.58	.566
			Sontest	2.57	1.21		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	1.68	1.49	-2.50	.013
			Sontest	2.60	0.96		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.38	0.86	-1.41	.157
			Sontest	2.48	0.93		

Akım ve direnç arasındaki ilişkiyi özellikle ohm kanunu ile açıklayan 7. soru için deney grubu öğrencileri lehine anlamlı bir farklılık görülmektedir (p<.05). Direnç ve potansiyel fark arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik sorulan testteki 8. sorudan elde edilen veriler Tablo 46'da gösterilmiştir.

Tablo 46. Öğrencilerin 8. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	0.45	1.01	-4.08	.000
			Sontest	3.18	1.10		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	0.86	1.39	-1.40	.160
			Sontest	1.57	1.63		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	0.64	1.09	-3.61	.000
			Sontest	2.55	1.41		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.67	0.97	-1.00	.317
			Sontest	1.71	1.06		

Tablo 46'da görüldüğü gibi, her iki okul içinde deney grupları lehine anlamlı bir farklılık bulunmuştur (p<.05). Direnç ve elektrik enerjisi arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik testteki 9. sorudan elde edilen veriler Tablo 47'de gösterilmiştir.

Tablo 47. Öğrencilerin 9. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.00	1.35	-1.47	.143
			Sontest	2.55	1.18		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.24	1.18	-2.10	.035
			Sontest	1.52	1.03		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	1.05	1.29	-2.72	.007
			Sontest	2.27	0.98		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.71	1.15	-2.07	.038
			Sontest	2.10	1.04		

Tablo 47'de görüldüğü gibi, birinci okuldaki kontrol grubunda diğer okulunda her iki grubunda anlamlı bir farklılık belirlenmiştir (p<.05). Elektrik enerjisi ile akımı arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik testteki 10. soruya verilen cevapların analizi Tablo 48'de gösterilmiştir.

Tablo 48. Öğrencilerin 10. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	1.41	1.18	-1.97	.049
			Sontest	2.09	1.15		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.29	1.10	-0.23	.820
			Sontest	1.29	1.10		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	0.45	0.91	-3.59	.000
			Sontest	2.64	1.33		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	0.71	0.78	-2.46	.014
			Sontest	1.14	1.01		

Tablo 48'de görüldüğü gibi, deney grupları açısından anlamlı bir farklılık belirlenmiştir (p<.05). Ayrıca Anadolu Lisesi-2 kontrol öğrencileri için anlamlı bir farklılık görülürken, Anadolu Lisesi-1 kontrol grubu için anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (p>.05). Basit bir elektrik devresinde ampulün yanmasına neden olan faktörleri belirlemeye yönelik testteki 11. soruya verilen cevapların analizi aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 49. Öğrencilerin 11. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.60	0.96	-2.48	.013
			Sontest	3.14	0.56		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.48	0.98	-2.40	.016
			Sontest	3.14	0.36		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	2.45	0.91	-2.23	.026
			Sontest	3.05	0.65		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.33	0.97	-2.46	.014
			Sontest	2.76	0.62		

Tablo 49'da görüldüğü gibi, her iki okulda da tüm gruplar lehine anlamlı bir farklılık görülmektedir (p<.05). Ampul ve üreteç arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik testteki 12. soruya verilen cevapların analizi aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 50. Öğrencilerinin 12. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.23	1.02	-2.87	.004
			Sontest	3.04	0.79		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.76	1.18	-2.04	.042
			Sontest	2.48	1.03		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	2.27	1.12	-2.44	.015
			Sontest	3.00	0.76		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.43	0.93	-1.73	.083
			Sontest	2.71	0.72		

Tablo 50'de görüldüğü gibi, deney grubu öğrencileri ve Anadolu Lisesi-1 kontrol grubu öğrencileri açısından anlamlı bir farklılık bulunurken ($p<.05$), Anadolu Lisesi-2 kontrol grubu öğrencileri için anlamlı bir farklılık gözlenememiştir ($p>.05$). Bir elektrik devresindeki bağlantı kablosu faktörünü belirlemeye yönelik hazırlanan 13. soruya verilen cevapların analizi Tablo 51'de gösterilmiştir.

Tablo 51. Öğrencilerin 13. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.59	0.80	-1.71	.088
			Sontest	2.95	0.49		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.19	1.25	-2.40	.016
			Sontest	2.95	0.22		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	2.86	0.35	-1.63	.102
			Sontest	3.05	0.21		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.57	0.98	-1.63	.102
			Sontest	2.90	0.54		

Tablo 51'de görüldüğü gibi, her iki okulda da, deney grubu öğrencileri için anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>.05$). Sadece Anadolu Lisesi-1'in kontrol grubu öğrencilerinde anlamlı bir farklılığın olduğu görülmektedir ($p<.05$). Ampulün yanma süresi ile ilgili testteki 14. soruya verilen cevapların analizi Tablo 52'de gösterilmiştir.

Tablo 52. Öğrencilerin 14.Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.77	0.87	-1.67	.096
			Sontest	3.05	0.58		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.62	0.97	-1.73	.084
			Sontest	3.00	0.00		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	2.82	0.59	-1.41	.160
			Sontest	3.04	0.49		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.81	0.60	-1.63	.102
			Sontest	3.00	0.55		

Tablo 52'de görüldüğü gibi, tüm gruplar için anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (p>.05). Ampul üzerinde elektrik enerjisi ile ilgili testteki 15. soruya verilen cevapların analizi Tablo 53'de yer almaktadır.

Tablo 53. Öğrencilerin 15. Soruya Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	3.14	0.99	-2.60	.009
			Sontest	3.77	0.43		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	3.14	0.91	-0.41	.680
			Sontest	3.24	0.70		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	3.50	0.51	-0.38	.705
			Sontest	3.55	0.74		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	2.86	0.36	-3.13	.002
			Sontest	3.48	0.51		

Tablo 53'de görüldüğü gibi, sadece Anadolu Lisesi-1'deki deney grubu ve Anadolu Lisesi-2'deki kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık görülmüştür (p<.05). Öğrencilerin 16. sorunun ilk bölümündeki ampermetrenin doğru şekilde bağlanmasına ilişkin verilen cevapların analizi Tablo 54'de gösterilmektedir.

Tablo 54. Öğrencilerin 16. Sorunun 1. Bölümüne Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	1.68	0.65	-2.07	.038
			Sontest	2.05	0.21		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.52	0.81	-2.08	.037
			Sontest	1.95	0.22		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	1.50	0.86	-1.83	.067
			Sontest	1.95	0.58		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.71	0.46	-2.00	.046
			Sontest	1.90	0.30		

Tablo 54'de görüldüğü gibi, Anadolu Lisesi-1'deki deney ve kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık görülürken Anadolu Lisesi-2'deki sadece kontrol grubu lehine bir farklılık belirlenmiştir (p<.05). Öğrencilerin 16.sorunun ikinci bölümündeki voltmetrenin doğru şekilde bağlanmasına ilişkin verilen cevapların analizi, Tablo 55'de gösterilmektedir.

Tablo 55. Öğrencilerin 16. Sorunun 2. Bölümüne Verdikleri Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	1.05	0.49	-4.03	.000
			Sontest	1.86	0.47		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.00	0.63	-2.65	.008
			Sontest	1.52	0.51		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	0.86	0.64	-3.72	.000
			Sontest	1.86	0.56		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.10	0.70	-2.00	.046
			Sontest	1.29	0.56		

Tablo 55'de görüldüğü gibi, her iki okuldaki tüm gruplar için voltmetrenin doğru bir şekilde bağlanmasına ilişkin anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p<.05$). Öğrencilerin 17.sorudaki seri devre bağlanmasına ve analizine ilişkin verilen cevapların analizi, Tablo 56'da gösterilmektedir.

Tablo 56. Öğrencilerin 17. Sorudaki Seri Devrenin Doğru Şekilde Bağlanmasına İlişkin Verilen Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	p
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.00	0.82	-2.95	.003
			Sontest	2.72	0.55		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.71	0.90	-2.49	.013
			Sontest	2.33	0.58		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	1.86	0.35	-3.15	.002
			Sontest	2.45	0.60		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.90	0.30	-2.12	.034
			Sontest	2.19	0.51		

Tablo 56'da görüldüğü gibi, her iki okuldaki tüm gruplar için seri devrenin bağlanmasına ve yorumlanmasına ile ilişkin anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p<.05$). Öğrencilerin 17. sorudaki paralel devre bağlanmasına ve analizine ilişkin verilen cevapların analizi, Tablo 57'de gösterilmektedir.

Tablo 57. Öğrencilerin 17. Sorudaki Paralel Devrenin Doğru Olarak Bağlanmasına İlişkin Cevapların Analizi

Okul	Gruplar	N	Test	Ort.	s.s.	z	P
AL-1	Deney Grubu	22	Ön test	2.00	0.87	-2.44	.015
			Sontest	2.59	0.59		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.71	0.85	-2.18	.029
			Sontest	2.14	0.65		
AL-2	Deney Grubu	22	Ön test	1.91	0.29	-3.21	.001
			Sontest	2.45	0.60		
	Kontrol Grubu	21	Ön test	1.57	0.59	-2.97	.003
			Sontest	2.14	0.57		

Tablo 57'de görüldüğü gibi, tüm grup öğrencileri için paralel devre bağlanmasına ve analizine ilişkin anlamlı bir farklılık belirlenmiştir (p<.05).

4. 1. 2. Öğrenciler ile Yürütülen Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın birinci alt problemine yönelik olarak 8 öğrenci ile yapılan yarı yapılandırılmış mülakat bulguları kategorilere ayrılarak gruplandırılmıştır. Anadolu Lisesi-1 öğrencileri "GÖ", Anadolu Lisesi-2 öğrencileri "SÖ" şeklinde kodlanmıştır. Öğrenci mülakatlarından elde edilen bulgular Tablo 58'de özet olarak belirtilmektedir.

Tablo 58. Öğrencilerin Yapılan Uygulamalar Hakkındaki Görüşleri

Görüşler	Öğrenciler	Örnek Alıntılar
Elektrik ile ilgili nesneleri daha iyi öğrendiklerini belirtmişlerdir.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*GÖ2: "Elektrik konusundaki semboller ve gerçek şekillerini şimdi daha iyi anlıyorum. Direnç, lamba, piller, anahtarlar gibi birçok devre elemanı ile değişik şekillerde çalışma imkânımız oldu."*
Seri ve paralel bağlı devre analizlerini daha iyi yapabilmektedirler.	GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ4	*SÖ2: "Seri ve paralel devreleri önceden sürekli karıştırırdım. Şimdi daha iyi anladım. Arasındaki farkları biliyorum."* *GÖ4: "Ampermetre ve voltmetre bağlamayı karıştırıyordum. Şimdi anladım. Seri devrede akımın aynı olduğunu ölçerek gördüm."*
Sanal laboratuvar programları kullanarak kolaylıkla devre kurabildikleri ve devre elemanlarını doğru bir şekilde bağlayabildikleri	GÖ1, GÖ2, GÖ3, SÖ1	*GÖ3: "Fare kullanarak devre elemanlarını bağlamak başta zor gelse de sonradan alıştım. "* *GÖ1: "Seri ve paralel birçok devre kurup analizini yaptım. Ohm kanunu ispatladım."*
Farklı şekillerde de elektrik devresi tasarlayabildikleri	GÖ1, GÖ2, GÖ4, SÖ3, SÖ4	*GÖ1: "Bize verilen örneklerin dışında çok daha fazla devre modeli tasarladım. Hepsi de çalıştı."*
Fizik dersini daha eğlenceli bulduklarını belirtmişlerdir.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi (Ortak yorum): "Fizik dersi, daha eğlenceli oldu."*
Konuyu daha iyi öğrendiklerini belirtmişlerdir.	GÖ1, GÖ2, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*SÖ4: "Elektrikle ilgili zihnimde daha somut veriler oldu. Olayları canlandırabiliyorum. Şimdi her şey daha mantıklı geliyor. Önceden ezber odluğunu düşünürdüm."*
Dersle ilgili bir konuyu günlük yaşamla ilişkilendirebildiklerini, daha anlamlı öğrendiklerini belirtmişlerdir.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi (Ortak yorum): "Fizikteki semboller ve isimleri güncel hayatla ilişkilendirebildik."*
Ampermetre ve voltmetrenin işlevini ve bağlantısını daha iyi anladıklarını belirtmişlerdir.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi (Ortak yorum): "Ampermetre ve voltmetrenin nasıl bağlanacağını hep karıştırırdım. Burada fazlasıyla bununla ilgili uygulama yaptık."*
Özellikle devre kurarken lambaları patlatmak hoşlarına gittiklerini belirtmişlerdir.	GÖ1, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ3	*GÖ1, GÖ3 ve SÖ3: "Lambalar patlarken ses çıkması çok hoş. İlk patladığında korkmuştuk bile. Sonradan çok eğlendik. Bir sürü lamba patlattık."*
Sanal laboratuvar programı kullanılarak deney yapmayı daha kullanışlı ve eğlenceli bulmuşlardır.	GÖ1, GÖ2, SÖ1, SÖ3	*SÖ3: "Bilgisayar ortamında sanal laboratuvar programı kullanarak ders yapmak çok zevkli. Birçok deney yapabildik."*

Mülakata katılan öğrencilerin tamamı, fizik dersini daha eğlenceli ve kolay bulduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bilgisayar ortamında deney yapabildikleri için konuyu daha iyi öğrendiklerini ifade etmişlerdir.

4. 2. Araştırmanın İkinci Alt Problemine Yönelik Bulgular

Bu bölümde araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9. sınıf öğrencilerinin "Basit Elektrik Devreleri" konusundaki kavramlarla ilgili zihinsel modellerini tespit etmeye yönelik olarak, Kavram Testinden, öğretim materyalinden ve mülakatlardan elde edilen bulgular ele alınmıştır.

4. 2. 1. Basit Elektrik Devreleri Kavram Testinden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön ve son testten aldıkları puanlar rubrik yoluyla puanlandırılmış, her bir grubun aldıkları puanlar Ek 15'de sunulmuştur. Ayrıca her iki okulun deney ve kontrol gruplarındaki ön test – son test puanlamaları soru bazında incelenip kıyaslanarak öğrencilerin anlama düzeyleri belirlenmiştir. Kavram testindeki her bir sorunun cevaplanma yüzdeleri ait veriler aşağıda sunulmaktadır.

Tablo 59. 2. Soruda Belirtilen Basit Bir Elektrik Devresi Çizimi İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul		Kavram Testi	Ön test			Son test		
			Boş	Yanlış	Doğru	Boş	Yanlış	Doğru
AL-1	Deney Grubu	f	1	1	20	0	0	22
		%	4.5	4.5	91	-	-	100
	Kontrol Grubu	f	0	1	20	0	0	21
		%	-	4.8	95.2	-	-	100
AL-2	Deney Grubu	f	2	0	20	0	0	22
		%	9.1	-	91	-	-	100
	Kontrol Grubu	f	2	1	18	0	0	21
		%	9.5	4.8	85.7	-	-	100

Tablo 60. 2. Soruda Belirtilen Yüklerin Hareketi İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul		Kavram Testi	Ön test			Son test		
			Boş	Yanlış	Doğru	Boş	Yanlış	Doğru
AL-1	Deney Grubu	f	4	9	9	3	5	14
		%	18.2	40.9	40.9	13.6	22.7	63.6
	Kontrol Grubu	f	1	13	7	2	11	8
		%	4.8	61.9	33.3	9.5	52.4	38.1
AL-2	Deney Grubu	f	3	5	14	0	6	16
		%	13.6	22.7	63.6	-	27.3	72.7
	Kontrol Grubu	f	5	13	3	2	15	4
		%	23.8	61.9	14.3	9.5	71.4	19

Tablo 61. 3. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul		Kavram Testi	Ön test			Son test		
			Boş	Yanlış	Doğru	Boş	Yanlış	Doğru
AL-1	Deney Grubu	f	4	6	12	0	1	21
		%	18.2	27.3	54.5	-	4.5	95.5
	Kontrol Grubu	f	3	5	13	0	1	20
		%	14.3	23.8	61.9	-	4.8	95.2
AL-2	Deney Grubu	f	5	13	4	0	0	22
		%	22.7	59.1	18.2	-	-	100
	Kontrol Grubu	f	0	6	15	0	1	20
		%	-	28.6	71.4	-	4.8	95.2

Tablo 62. 4. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	9	4	6	2	1	0	1	3	3	15
		%	40.9	18.2	27.3	9.1	4.5	-	4.5	13.6	13.6	68.2
	K.G	f	6	8	3	2	2	4	7	8	1	1
		%	28.6	38.1	14.3	9.5	9.5	19	33.3	38.1	4.8	4.8
AL-2	D.G.	f	11	1	6	4	0	0	4	8	1	8
		%	50	4.5	27.3	18.2	-	-	18.2	36.4	4.5	36.4
	K.G	f	4	8	6	3	0	4	8	6	2	1
		%	19	38.1	28.6	14.3	-	19	38.1	28.6	9.5	4.8

Tablo 63. 5. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	4	1	3	11	3	0	0	1	20	1
		%	18.2	4.5	13.6	50	13.6	-	-	4.5	91	4.5
	K.G	f	4	2	6	8	1	2	4	3	12	0
		%	19	9.5	28.6	38.1	4.8	9.5	19	14.3	57.1	-
AL-2	D.G.	f	3	0	3	16	0	0	0	3	16	3
		%	13.6	-	13,6	72.7	-	-	-	13.6	72.7	13.6
	K.G	f	2	2	2	15	0	0	2	2	17	0
		%	9.5	9.5	9.5	71.4	-	-	9.5	9.5	81	-

Tablo 64. 6. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	3	1	7	11	0	0	4	2	13	3
		%	13.6	4.5	32	50	-	-	18.2	9.1	59.1	13.6
	K.G	f	4	0	8	9	0	1	7	1	10	2
		%	19	-	38.1	42.9	-	4.8	33.3	4.8	47.6	9.5
AL-2	D.G.	f	8	1	2	11	0	0	6	4	10	2
		%	36.4	4.5	9.1	50	-	-	27.3	18.2	45.5	9.1
	K.G	f	2	3	10	6	0	0	1	5	15	0
		%	9.5	14.3	47.6	28.6	-	-	4.8	23.8	71.4	-

Tablo 65. 7. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	3	4	3	12	0	0	4	1	11	6
		%	13.6	18.2	13.6	54,5	-	-	18,2	4,5	50	27,3
	K.G	f	3	1	4	11	2	1	5	0	11	4
		%	14.3	4.8	19	52.4	9.5	4.8	23.8	-	52.4	19
AL-2	D.G.	f	9	1	0	12	0	1	2	4	13	2
		%	41	4.5	-	54.5	-	4.5	9.1	18.2	59.1	9.1
	K.G	f	1	2	6	12	0	1	2	5	12	1
		%	4.8	9.5	28.6	57.1	-	4.8	9.5	23.8	57.1	4.8

Tablo 66. 8. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	18	0	2	2	0	0	2	5	2	13
		%	81.8	-	9.1	9.1	-	-	9.1	22.7	9.1	59.1
	K.G	f	14	1	3	1	2	8	4	3	1	5
		%	66.7	4.8	14.3	4.8	9.5	38.1	19	14.3	4.8	23.8
AL-2	D.G.	f	15	3	1	3	0	2	5	1	7	7
		%	68.2	13.6	4.5	13.6	-	9.1	22.7	4.8	33.3	33.3
	K.G	f	1	11	3	6	0	1	11	3	5	1
		%	4.8	52.4	14.3	28.6	-	4.8	52.4	14.3	23.8	4.8

Tablo 67. 9. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	5	2	5	8	2	0	6	4	6	6
		%	22.7	9.1	22.7	36.4	9.1	-	27.3	18.2	27.3	27.3
	K.G	f	2	5	1	12	1	0	6	7	4	0
		%	9.5	23.8	4.8	57.1	4.8	-	28.6	33.3	19	-
AL-2	D.G.	f	12	2	3	5	0	0	6	6	8	2
		%	54.5	9.1	13.6	22.7	-	-	27.3	27.3	36.4	9.1
	K.G	f	4	5	5	7	0	2	4	5	10	0
		%	19	23.8	23.8	33.3	-	9.5	19	23.8	47.6	-

Tablo 68. 10. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	7	4	6	5	0	0	10	3	6	3
		%	31.8	18.2	27.3	22.7	-	-	45.4	13.6	27.3	13.6
	K.G	f	7	4	7	3	0	6	7	4	4	0
		%	33.3	19	33.3	14.3	-	28.6	33.3	19	19	-
AL-2	D.G.	f	17	1	3	1	0	2	3	3	7	7
		%	77.3	4.5	13.6	4.5	-	9.1	13.6	13.6	33.3	33.3
	K.G	f	10	7	4	0	0	6	9	3	3	0
		%	47.6	33.3	19	-	-	28.6	42.9	14.3	14.3	-

Tablo 69. 11. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	1	2	4	13	2	0	0	2	15	5
		%	4.5	9.1	18.2	59.1	9.1	-	-	9.1	68.2	22.7
	K.G	f	2	1	3	15	0	0	0	0	18	3
		%	9.5	4.8	14.3	71.4	-	-	-	-	85.7	14.3
AL-2	D.G.	f	2	0	6	14	0	0	1	1	16	4
		%	9.1	-	27.3	63.6	-	-	4.5	4.5	72.7	18.2
	K.G	f	2	1	6	12	0	0	1	4	15	1
		%	9.5	4.8	28.6	57.1	-	-	4.8	19	71.4	4.8

Tablo 70. 12. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	1	5	5	10	1	0	1	3	12	6
		%	4.5	22.7	22.7	45.5	4.5	-	4.5	13.6	54.5	27.3
	K.G	f	0	5	4	8	0	1	3	4	11	2
		%	-	23.8	19	38.1	-	4.8	14.3	19	52.3	9.5
AL-2	D.G.	f	3	2	3	14	0	0	1	3	13	5
		%	13.6	9.1	13.6	63.6	-	-	4.5	13.6	59.1	22.7
	K.G	f	0	6	0	15	0	0	3	0	18	0
		%	-	28.6	-	71.4	-	-	14.3	-	85.7	-

Tablo 71. 13. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	1	1	4	16	0	0	0	3	17	4
		%	4.5	4.5	18.2	72.7	-	-	-	13.6	77.3	18.2
	K.G	f	4	2	1	14	0	0	0	1	20	0
		%	19	9.5	4.8	66.7	-	-	-	4.8	95.2	-
AL-2	D.G.	f	0	0	3	19	0	0	0	0	21	1
		%	-	-	13.6	86.4	-	-	-	-	95.5	4.5
	K.G	f	2	1	1	17	0	0	1	1	18	1
		%	9.5	4.8	4.8	80.9	-	-	4.8	4.8	85.7	4.8

Tablo 72. 14. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	1	1	2	16	2	0	1	0	18	3
		%	4.5	4.5	9.1	72.7	9.1	-	4.5	-	81.8	13.6
	K.G	f	2	0	3	15	1	0	0	0	21	0
		%	9.5	-	14.3	71.4	4.8	-	-	-	100	-
AL-2	D.G.	f	0	2	0	20	0	0	0	2	17	3
		%	-	9.1	-	90.9	-	-	-	9.1	77.3	13.6
	K.G	f	0	2	0	19	0	0	1	0	18	2
		%	-	9.5	-	90.5	-	-	4.8	-	85.7	9.5

Tablo 73. 15. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Okul			Ön test					Son test				
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Bilimsel
AL-1	D.G.	f	0	3	0	10	9	0	0	0	5	17
		%	-	13.6	-	45.5	40.9	-	-	-	22.7	77.3
	K.G	f	1	0	1	12	7	0	1	0	13	7
		%	4.8	-	4.8	57.1	33.3	-	4.8	-	61.9	33.3
AL-2	D.G.	f	0	0	0	11	11	0	1	0	7	14
		%	-	-	-	50	50	-	4.5	-	31.8	63.6
	K.G	f	0	0	3	18	0	0	0	0	11	10
		%	-	-	14.3	85.7	-	-	-	-	52.4	47.6

Tablo 74. 16. Soru İle İlgili Öğrencilerin Anlama Seviyeleri

Ampermetre

Okul			Ön test				Son test			
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru
AL-1	D.G.	f	2	3	17	0	0	0	21	1
		%	9.1	13.6	77.3	-	-	-	95.5	4.5
	K.G	f	4	2	15	0	0	1	20	0
		%	19	9.5	71.4	-	-	4.8	95.2	-
AL-2	D.G.	f	5	1	16	0	1	1	18	2
		%	22.7	4.5	72.7	-	4.5	4.5	81.8	9.1
	K.G	f	0	6	15	0	0	2	19	0
		%	-	28.6	71.4	-	-	9.5	90.5	-

Voltmetre

Okul			Ön test				Son test			
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru
AL-1	D.G.	f	2	17	3	0	0	4	17	1
		%	9.1	77.3	13.6	-	-	18.2	77.3	4.5
	K.G	f	4	13	4	0	0	10	11	0
		%	19	61.9	19	-	-	47.6	52.4	-
AL-2	D.G.	f	6	13	3	0	0	5	15	2
		%	27.3	59.1	13.6	-	-	22.7	68.2	9.1
	K.G	f	4	11	6	0	1	13	7	0
		%	19	52.4	28.6	-	4.8	61.9	33.3	-

Tablo 75. 17. soru ile ilgili öğrencilerin anlama seviyeleri

Seri devre										
Okul			Ön test				Son test			
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru
AL-1	D.G.	f	2	1	14	5	0	1	4	17
		%	9.1	4.5	63.6	22.7	-	4.5	18.2	77.3
	K.G	f	3	3	12	3	0	1	12	8
		%	14.3	14.3	57.1	14.3	-	4.8	57.1	38.1
AL-2	D.G.	f	0	3	19	0	0	1	11	10
		%	-	13.6	86.4	-	-	4.5	50	45.5
	K.G	f	0	2	19	0	0	1	15	5
		%	-	9.5	90.5	-	-	4.8	71.4	23.8
Paralel devre										
Okul			Ön test				Son test			
			Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru	Boş	Yanlış	Kısmi doğru	Doğru
AL-1	D.G.	f	2	2	12	6	0	1	7	14
		%	9.1	9.1	54.5	27.3	-	4.5	31.8	63.6
	K.G	f	2	5	11	3	0	3	12	6
		%	9.5	23.8	52.4	14.3	-	14.3	57.1	28.6
AL-2	D.G.	f	0	2	20	0	0	1	11	10
		%	-	9.1	90.9	-	-	4.5	50	45.5
	K.G	f	1	7	13	0	0	2	14	5
		%	4.8	33.3	61.9	-	-	9.5	66.7	23.8

Yukarıda verilen tablolardan (Tablo 59-75) görüldüğü gibi, uygulama sonrası öğrencilerin sahip olduğu yanlış kavramlar tamamen yok edilemese de kısmi olarak doğru sayısı ile bilimsel anlamda doğru sayılarında artış gözlenmiştir. Ayrıca uygulama sonrası öğrencilerin tamamı hiçbir soruyu cevapsız bırakmamıştır. Araştırmaya katılan öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemek için ayrıca öğrencilere dağıtılan çalışma kâğıtlarındaki verilerde kullanılmıştır.

4. 2. 2. Öğretim Materyalin Uygulanmasından Elde Edilen Bulgular

Deney grubu öğrencilerine sunulan çalışma yapraklarından elde edilen veriler, 7E öğretim modeline uygun olarak aşamalı şekilde incelenmiştir. Öğrenciler tarafından verilen cevaplar, rubrik kullanılarak puanlandırılarak Ek 16'da ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre öğrencilerin "Merak uyandırma" aşamasında boş bıraktıkları sorular daha fazla iken, diğer aşamalarda doğru ve doğruya yakın cevap verme sayılarında artış olmuştur. Öğrencilere dağıtılan çalışma yaprakları ve bilgisayarlara kayıt edilen dosyalardan elde edilen diğer bulgular aşağıda sunulmaktadır:

- Öğrenciler, “Merak uyandırma” aşamasında birçok soruyu boş bırakmışlardır. Elektrik devrelerinin bağlanma türleri ile ilgili soruya verilen cevap sayısı en fazla olurken, enerji nakil hatları ile ilgili soruda en az yanıt verildiği görülmüştür.
- 7E öğretim modelinin 2. aşaması olan “Keşfetme” aşamasında öğrenci gruplarının, sanal laboratuvar programlarını kullanarak ortalama 4-5 farklı devre oluşturdukları görülmüştür. En çok devre oluşturan grup, Anadolu Lisesi-1’deki deney grubu öğrencileri iken Anadolu Lisesi-2’deki bilgisayarların yetersiz olmasından dolayı yapılan deney dosyası sayısı daha az olmuştur.
- “Keşfetme” aşamasında öğrenciler deneme-yanılma yaparak oluşturulan devreler ve analizler sonucunda kolaylıkla ve doğru bir şekilde hipotez kurabilmiş ve tahminlerde bulunabilmişlerdir.
- Öğrencilerin tamamına yakını, uygulamalardan elde ettikleri verileri ve programları kullanarak hesaplama yapabilmişler ve grafik oluşturabilmişlerdir.
- Elektrik nesnelerinin isim ve sembollerini bilme boyutunda 9 puan üzerinden 7 ve 6,52 gibi ortalama görülürken, gerçek hayattaki şekilleri ile ilişkilendirmede daha az başarılı oldukları görülmüştür.
- Öğrenciler, öğrendikleri konuyu farklı durumlara uyarlayabilmelerine rağmen, “Detaylandırma” ve “İlişkilendirme” aşamalarındaki bazı açıklamaları doğru şekilde yapamamışlardır.
- Öğrenciler, oluşturdukları deney düzenekleri kıyaslama yaparak grup içi ve gruplar arasında bilgi paylaşımında aktif oldukları görülmüştür.
- 7E öğretim modeline göre hazırlanan öğrenci çalışma yapraklarının son aşaması olan “Değerlendirme” basamağındaki sorulara verilen cevapların istenilen düzeyde olmadığı görülmektedir. Özellikle “V/I grafiğinin analizi”ne yönelik soruları tam olarak cevaplandıramadıkları tespit edilmiştir.
- Phet programı ile hazırlanan dosya sayısı, Crocodile Physics 401 ile hazırlanandan daha az olmuştur.
- Crocodile Physics 401 programı kullanılarak öğrenciler tarafından oluşturulan dosyalar incelenerek öğrencilerin konu hakkındaki düşünceleri, yaratıcılıkları konusunda verilere sahip olunabilmiştir.
- Öğrenciler tarafından oluşturulan elektrik devresinde akım ve potansiyel fark değerleri, dirençlerin ve lambaların bağlanma durumlarına göre farklılıkları not edildiği görülmüştür.

4. 2. 3. Mülakat Bulguları

Örneklemdeki öğrenciler arasından gönüllü 8 öğrenci ile uygulama sonrası yürütülen yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen bulgular Tablo 76'da belirtilmektedir.

Tablo 76. Mülakat Verilerine Göre Öğrencilerin Sahip Olduğu Zihinsel Modeller

Öğrenci	Uygulama sonrası sahip olduğu zihinsel model	Görüşlerden Alıntılar
GÖ1	Azalan Akım modeli	*"Akım, ampulleri yaktıkça azalmaktadır. Pilden uzakta olan lamba daha az yanar."*
GÖ2	Ohm Modeli	*"Direnç, V/I oranına eşittir."*
GÖ3	Paylaşılan Akım	*"Pilden çıkan akım, devredeki dirençlerde bölünür."*
GÖ4	Ohm Modeli	*"Ohm kanunu hesaplayarak öğrendik. O nedenle R=V/I"*
SÖ1	Korunan Akım Modeli	*"Akım her daim sabittir. Çünkü pil yani üreteç aynıdır. Pil değişmediğinden akım da değişmez."*
SÖ2	Ohm Modeli	*"Potansiyel fark ile akım oranının sabit olduğunu bulduk deneylerde."*
SÖ3	Azalan Akım modeli	*"Akım birinci lambadan geçince enerjisinin bir kısmını ona verecek. Daha sonra ikinci ve diğer lambalardan geçtikçe enerjisi yani akımı azalacaktır."*
SÖ4	Sıralı model	*"Akım pilden çıkınca ilk olarak en yakındaki lambaya gelir. Sonra diğerlerine."*

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi, öğrencilerin uygulama sonrası doğru zihinsel modele sahip öğrenci sayısı daha fazla olurken, yanlış zihinsel modellerin tam olarak yok edilemediği görülmektedir. Yukarıda belirtilen açıklamaları, öğrencilerin çalışma yaprakları ve testlerinden elde edilen veriler de desteklemektedir. Anadolu Lisesi-1'deki öğrencilerin "Ohm modeli"ne sahip olanların sayısı fazla olduğu görülmektedir.

Öğrencilerle yapılan tüm uygulamalar neticesinde alınan veriler karşılaştırma yapılarak ve birbirleri ile desteklenerek sahip oldukları zihinsel modeller ve kavram yanılgıları tespit edilmede kullanılmıştır.

4. 2. 4. Öğrencilerin Sahip Olduğu Zihinsel Modeller

Örneklemdeki deney grubu öğrencilerinin uygulamalar öncesi ve sonrası sahip olduğu zihinsel modeller ve frekans dağılımları Tablo 77'de gösterilmektedir.

Tablo 77. Uygulama Öncesi ve Sonrasında Öğrencilerin (N=44) Sahip Olduğu Zihinsel Modellerin Karşılaştırılması

Değerlendirme Sonuçları	Zihinsel Model	Uygulama Öncesi Frekansı ($f_{uö}$)	Uygulama Sonrası Frekansı (f_{us})	Değişim yüzdesi (%)
Olumlu Sonuçlar	Ohm modeli	13	26	+ 100
Olumsuz Sonuçlar	Paylaşılan akım modeli	6	4	-33,3
	Kapalı devre modeli	18	3	-83,3
	Korunan akım modeli	4	3	-25
	Sabit akım kaynağı modeli	8	3	-62,5
	Azalan akım modeli	18	5	-72,2
	Azalan potansiyel fark modeli	5	3	-40
	Sıra model	7	2	-71,4
	Eşitlik modeli	9	3	-66,7
	Deneysel kural modeli	3	0	-100
	Korunan gerilim modeli	7	1	-85,7
	Boş (Fikri yok)	6	0	-100
	Toplam	104	53	-55,4

Tablo 77'de görüldüğü gibi, uygulama öncesi öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modeller bilimsel modelden farklı olarak çeşitlilik göstermektedir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun birden fazla zihinsel modele sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle zihinsel model sayısı, öğrenci sayısından fazla çıkmıştır. Bu durum öğrencilerin konuyu tam olarak anlamadığı ve farklı düşünce yapılarına sahip olduğunu ön plana çıkarmaktadır.

Uygulama sonrasında ise, öğrencilerin sahip oldukları yanlış zihinsel modellerin tamamen yok edilemediği belirlenmesine rağmen bilimsel anlamda doğru olan "ohm modeli"nde artış görülmektedir. Öğrencilerin elektrik konusunda farklı zihinsel modellere sahip olmalarının yanında bilimsel olarak doğru olarak kabul edilen modelde artış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca hiçbir soru boş bırakılmamış ve öğrenciler konuyla ilgili çeşitli modellere sahip oldukları görülmüştür. Öğrencilerin uygulamalar öncesi sahip oldukları farklı çeşit modellerde, uygulamalar sonucunda yarıya yakın azalma olmuştur. "Kapalı devre modeli", "Azalan akım modeli", "Sabit akım kaynağı modeli", "Paylaşılan akım modeli", "Korunan gerilim modeli", "Eşitlik modeli", "Pile en yakın lamba yanar" ve "Direnç akımı yavaşlatır" gibi yanlış modeller ve kavram yanılgılarında azalma tespit edilmiştir.

Araştırmalar sonucunda öğrencilerin zihinsel modelleri incelenirken literatürde yer almasına rağmen çalışma sonucunda öğrenciler tarafından sahip olmadığı belirlenen zihinsel modeller aşağıda sıralanmaktadır:

- Tek kutuplu model
- Zaman bağımlı model
- Çift kutuplu model

- Karşı akımlar modeli
- Atlayan akım modeli
- Sentez modeli
- Sürekli olmayan akım modeli
- Hareketli yükler modeli
- Akışkan elektrik modeli
- Bölgesel düşünme

4. 3. Araştırmanın Üçüncü Alt Problem İle İlgili Bulgular

Bu bölümde araştırmanın üçüncü alt problemi kapsamında; sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9. sınıf öğrencilerinin "Basit Elektrik Devreleri" konusuyla ilgili alternatif fikirlerinin giderilmesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesine yönelik olarak uygulanan Kavram Testinden elde edilen bulgular ayrı ayrı başlıklar halinde sunulmuştur.

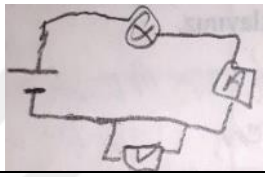
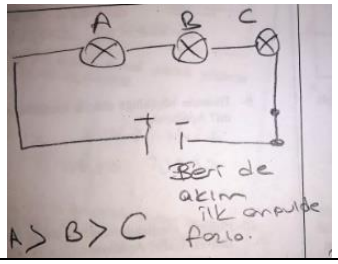
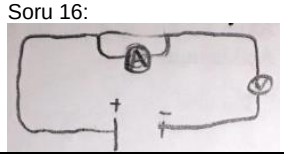
4. 3. 1. Basit Elektrik Devreleri Kavram Testinden Elde Edilen Bulgular

Araştırma kapsamında, deney grubu öğrencilerinin alternatif fikirlerini belirlemek amacıyla uygulanan ön test ve son testten elde edilen bulgular, Tablo 78'de sunulmaktadır.

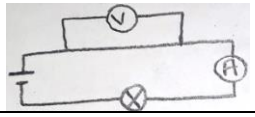
Tablo 78. Öğrencilerin Ön Test ve Son Testte Verdikleri Cevaplardan Alıntılar

Öğrenci	Ön testte verilen cevaplardan alıntılar	Son testte verilen cevaplardan alıntılar
GDÖ1	Soru 17: *"Seri bağlı devrede üç lambada paralel bağlı devreye göre daha kısık yanar."*	Soru 4: *"Akım akışkandır, gerilim değildir."* Soru 5: *"Üreteçler, elektrik akımı sağlar."* Soru7: *"Akım ne kadar fazla ise, direnç o kadar fazladır."*
GDÖ2	Soru 17: *"Seri bağlı devrede enerji bölüneceğinden, lambaların parlaklıkları daha azdır."*	Soru 6: *"Direnç devrede engel görevi yapar."* Soru 11: *"Pil sayısı artarsa ampul daha parlak yanar."* Soru 14: *"Pilin enerjisi biterse ampul söner."*
GDÖ3	Soru 12: *"Enerji biter.* Soru 14: *Pil bitene kadar yanar."*	Soru 5: *"Üreteç akım üretir."* Soru 6 ve 9: *"Direnç, akımı ve elektrik enerjisini etkilemez."* Soru 14: *"Ampulün kaldırabileceğinden fazla volt gönderirsek ampul patlar."*
GDÖ4	Soru 9: *"Direnç artarsa, elektriğe dönüşen akım artar."*	Soru 17: *"Seri bağlı bir devrede bir lamba yanmazsa, hiçbiri yanmaz. Paralel bağlı devrede bir lamba bozulursa, diğerlerine bir şey olmaz."*

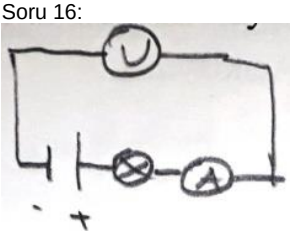
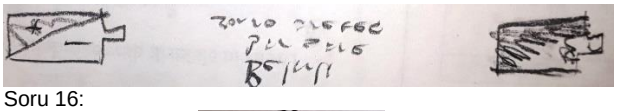
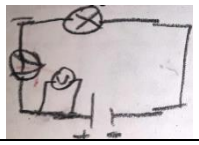
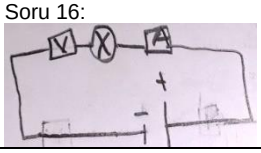
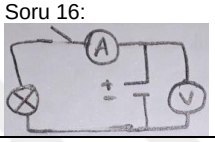
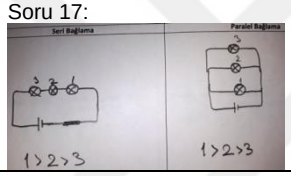
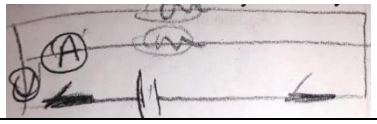
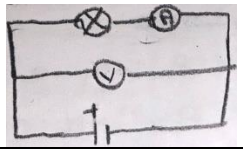
Tablo 78’in devamı

GDÖ5	Soru 4: *“Akımı pil üretir. Elektrik enerjisini ise ampul üretir.”*	Soru 6: *“Elektrik akımı dirençten geçerken kayba uğramaz, sadece parlaklık bölünür.”* *“Ampul yanarken pil enerji üretir ve akım geçer.”*
GDÖ6	Soru 17: *“Paralel bağlı devrede ampul sayısı parlaklığı etkilemez.”*	Soru 9: *“Enerji dirençten bağımsızdır etkilenmez.”* Soru 10: *“Akım, elektriğin hareket etmiş halidir.”* Soru 12: *“Ampul yanarken elektrik miktarı azalır ama akıma bir şey olmaz.”* Soru 17: *“Paralel devrede tüm lambalar eşit yanar. Seri bağlı devrede akımlar toplanır.”*
GDÖ7	Soru 10: *“Enerji, akımın harekete geçmemiş halidir.”*	Soru 7: *“Elektrik akımı olan bir devrede mutlaka dirençte vardır.”* Soru 17: *“Paralel bağlı devrede ampul sayısı arttıkça daha fazla enerji harcanır ve bu nedenle parlaklık aynı kalır. Ampul artınca da pil daha çabuk biter.”*
GDÖ8	Soru 17: *“Seri bağlı devrede akım ve gerilimler farklı, paralel de ise aynıdır.”*	Soru 12: *“Ampul yanarken pilde enerji azalır.”* Soru 17: *“Seri bağlı devrede akım fazla olur. Paralel bağlı devrede akım idareli kullanılır.”* 
GDÖ9	Soru 9: *“Direnç büyüdükçe enerji azalır ve ampul daha az parlak yanar.”* Soru 10: *“Elektrik enerjisi, devreden elektriğin geçiş şiddetidir. Elektrik akımı ampulün parlaklığıyla alakalıdır.”*	Soru 5: *“Üreteç, enerji ve güç üretir.”* Soru 7: *“Direnç arttıkça üzerinden geçen akım azalır.”* Soru 12: *“Ampul yanarken, pil güç üretir.”* Soru 14:*” Ampul, pilin gücü bitene ve ampul patlayana kadar yanar.”*
GDÖ10	Soru 12: *“Direnç fazlaysa pil çabuk biter.”*	Soru 6: *“Direnç, akımın geçişini yavaşlatır.”* Soru 14: *“Ampul, devre tamamlanıncaya kadar yanar.”*
GDÖ11	Soru 14: *“Pilin enerjisi bitince ampul yanmaz.”* Soru 17: *“Seri bağlı devrede ampullerin parlaklığı paralel devreye göre daha azdır.”*	Soru 8: *“Direnç, akımın şiddetini etkiler.”* Soru 17: *“Seri bağlı devrede pile bağlı olan ilk lambada daha fazla akım olur.”* 
GDÖ12	Soru 16: 	Soru 9: *“Direnç büyüdükçe, elektrik enerjisi daha çok engelle karşılaşır ve azalır.”* Soru 11: *“Pilin içinde bekleyen elektrik enerjisinin, kablolar aracılığıyla ışık enerjisine dönüşmesidir.”* Soru 17: *“Seri bağlı devrede lambaların parlaklıkları daha fazla, paralel bağlı devrede parlaklık üçe bölünür.”*
GDÖ13	Soru 14: “*Ampul, pildeki yükler bitene kadar yanar.”*	Soru 14: *“Pilin gücü bitince ampul yanmaz.”* Soru 17: *”Seri bağlı devrede potansiyel fark bölünür. Parlaklık fazla olur. Paralel bağlı devrede ise, akım bölünür. Parlaklık az olur.”*
GDÖ14	Soru 17: Paralel devre için çizilen şekil. 	Soru 4: *“Akım akışkandır ama elektrik değildir.”* Soru 9: *“Direnç arttıkça akım kaybı olur.”*

Tablo 78'in devamı

GDÖ15	Soru 13: *"Kablo uzunsa, elektrik daha çok yol alır ve ampulün parlaklığı azalır."*	Soru 4: *"Akım artıdan eksi yöne giden bir kuvvettir."* Soru 17: *"Seri ve paralel bağlı devre şekillerini karıştırmış."*
GDÖ16	Soru 12: *"Pil üzerinden akım geçer ve pil güç kaybeder."*	Soru 4: *"Elektrik ve akım aynı şeydir. Sadece akım akar."* Soru 6: *"Direnç, devreden geçen akımı azaltmak için vardır."* Soru 11: *"Üreteç ve anahtar, ampulün yanmasını sağlar."* Soru 12: *"Ampul yanarken pil azalır."* Soru 17: *"Seri bağlı devrede gerilim fazla, paralel devrede azdır."*
GDÖ17	Soru 9: *"Direnç ne kadar fazla olursa, ışık kaynağı o kadar az ışık verir."*	Soru 4: *"Akım, elektrik taşır."* Soru 8: *"Ohm kuralı geçerlidir."* *Soru 16:* 
GDÖ18	Soru 4: "*Devredeki elektrik ne kadar fazlaysa akımda o kadar fazla olur."*	*Soru 8: "Direnç, potansiyel farkı düşürür."* Soru 9: *"Direnç arttıkça ışık şiddeti azalır."*
GDÖ19	Soru 17: *"Seri bağlamada parlaklıklar aynı olur ama enerji sarfiyatı fazladır. Paralelde parlaklıklar farklıdır ama enerji tasarrufu olur."*	Soru 5: *"Devrede elektrik bittiyse, elektrik üreterek çalışmasını sağlar."* *Soru 6: Direnç ters yönde bir etki sağladığı için akımın hızını ve devreden geçen akımı azaltır.* *Soru 8: V=IR formülüne göre direnç arttıkça potansiyel fark artar.* *Soru 10: Kablodan akan akıma elektrik denir.* *Soru 11: Pil, anahtar ve üreteç ampulün yanması için yeterlidir.* *Soru 17: Seri bağlamada lambaların parlaklığı az, paralelde fazladır.*
GDÖ20	Soru 5: *"Üretecin görevi akım üretmektir."*	Soru 4: *"Kabloda akan elektriğe akım denir."* Soru 5: *"Üreteç, yüklerin kablo üzerinde dağılıp ampulün yanmasını sağlar."* Soru 7: *"Direnç ne kadar fazla ise, akım o kadar zorlanır."* Soru 8: *"V=IR formülüne bakarak direncin potansiyel farkı arttırdığını söyleyebiliriz."* Soru 12: *"Ampul yanarken pilde azalma olur."*
GDÖ21	Soru 13: *"Ampul yanarken kabloda elektrik olur."*	Soru 5: *"Üreteç, enerji üretir."* Soru10: *"Elektrik enerjisi olmazsa, akım olmaz."* Soru 11: *"Yeterli pil olmazsa ve anahtar kapalı olursa ampul yanar."* Soru 17: *"Paralel devrede lambalar daha parlak yanar."*
GDÖ22	Soru 11: *"Dirence göre ampulün parlaklığı değişir."* Soru 12: *"Pilin enerjisi düşer ve bir süre sonra enerji üretemez."*	Soru 8: "*Ohm Kanunu direnç ile potansiyel fark arasındaki ilişkiyi açıklıyor."* Soru 12: "*Ampul yanarken elektrik enerjisi azalır.* *Ampul yanarken elektrik enerjisi sadece ısıya dönüşür."*
SDÖ1	Soru 13: *"Kablodan elektrik akımı geçer."*	Soru 4: *"Akım elektriği taşır. Elektrik ve akımın yönleri ters orantılıdır."* Soru 9: *"Direnç büyüdükçe akım düşer."*
SDÖ2	Soru 4: *"Elektrikten akım oluşur."*	Soru 11: *"Ampulü yakan tek etmen elektrik enerjisidir."* Soru 15: *Ampul yanarken, elektrik enerjisi akıma dönüşür."*
SDÖ3	Soru 4: *"Akım, elektrikten meydana gelir."*	Soru 6: *"Elektrik akımı dirençten geçerken yavaşlar, süresi uzar."* Soru 11: *"Üreteçten geçen akım ampule gelince, ampul yanar."*
SDÖ4	Soru 9: *"Direnç ne kadar büyük olursa, verim o kadar düşük olur."*	Soru 8: *"Potansiyel fark=Akım/Direnç olduğundan, direnç artarsa potansiyel fark azalır.* Soru 9: *"Direnç ne kadar büyükse, elektrik enerjisi o kadar azalır."* Soru 10: *"Elektrik enerjisi olmazsa, akımda olmaz."*
SDÖ5	Soru 4: *"Yüklerin akımı, elektrik akımını sağlar."* Soru 9: *"Direnç büyüdükçe enerji azalır yani zor geçtiği için kayba uğrar.* Soru 17: *"Seri bağlı devrede akım gittikçe yavaşlar."*	Soru 8: *"Direnç, potansiyel farkı azaltır."* Soru 10: *"Elektrik enerjisi arttıkça akımda artar. Akımı sağlayan elektrik enerjisidir."*

Tablo 78’in devamı

SDÖ6	Soru 14: *“Elektrik enerjisi tamamen başka bir enerjiye dönüşene dek yanar.”* Soru 16: 	Soru 9: *“Direnç arttıkça lambanın parlaklığı azalır, gerilim azalır.”* Soru 12:  Soru 16: 
SDÖ7	Soru 5: *“Üreteç, elektrik üretir.”* Soru 16: 	Soru 5: *“Üreteç, devrede akım üretmekle görevlidir.”* Soru 8: *V=iR oranından direnç ve potansiyel fark arasındaki ilişki bulunur.* Soru 10: *Elektrik akımı olmazsa, elektrik enerjisi olmazdı.* Soru 16 ve 17: Doğru olarak cevap verilmiş.
SDÖ8	Soru 16: 	Soru 7: *“Akımın geçmesini güçleştiren yapı dirençtir.”*
SDÖ9	Soru 17: 	Soru 11: *“Bir lambanın yanması için volt, akım ve direnç gerekir.”* Soru 12: *“Ampul yanarken pil gerilim kullanır ve azalır.”* Soru 17: *“Doğru olarak cevap verilmiş.”*
SDÖ10	Soru 13: “*Ampul yanarken kablo ısınır.”*	Soru 12: “*Ampul yanarken pil ısınır ve içindeki enerjiyi kaybeder.”*
SDÖ11	Soru 12: *“Ampul yanarken pildeki elektron sayısı azalır.”*	Soru 11: *Ampulün yanmasını sağlayan faktörler; elektrik enerjisinin olması, ampulün dayanıklılığı ve kablonun tam olması.* Soru 12: *“Ampul yanarken pil enerjisini kaybeder.”*
SDÖ12	Soru 12: *“Ampul yanarken pilin enerjisi azalır.”*	Soru 9: *“Direnç fazla olursa ampuller patlayabilir.”*
SDÖ13	Soru 6: *“Direnç, elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştürür.”* *Soru 9: “Direnç arttıkça enerji kaybı artacak. Bu enerjiyi sağlamak için daha çok enerji gerekir.”*	Soru 4: *“Elektrik arttıkça akım artar.”* Soru 8: *“Direnç arttıkça elektrik enerjisi artacaktır.”*
SDÖ14	Soru 14: *“Pilin kutupları arasındaki potansiyel fark eşitleninceye kadar yanar.”*	Soru 17: *“Seri bağlı devrede akım ve parlaklık daha azdır. Paralel bağlı devrede akım eşittir.”*
SDÖ15	Soru 17: *“Seri bağlı devrede bir lambada bozukluk varsa, diğerlerinin tamamı bozulur.”*	Soru 16: 
SDÖ16	Soru 4: *“Elektrik arttıkça akım artar.”* Soru 5: *“Üreteç, elektriği akım haline getirerek ampule enerji sağlar.”* Soru 6: *“Elektrik akımı dirençten geçerken alanı daralır.”* *Soru 16: “Voltmetre seri bağlanır.”*	Soru 12: *“Pil, enerji üretir.”* Soru 15: *“Ampul yanarken elektrik enerjisi ısıya dönüşür.”* Soru 16 ve 17: *“Doğru olarak cevap verilmiş.”*
SDÖ17	Soru 6: *“Elektrik akımı, dirençten geçebilmek için belirli enerjiye ihtiyaç duyar bu yüzden kayba uğrar.”* Soru 17: *“Pile yakın olan lamba daha parlak yanar.”*	Soru 6: *“Elektrik akımı dirençten geçebilmek için akım harcar.”* Soru 17: *“Seri bağlı devrede akım 3’e bölünür. Paralel bağlı devrede akım aynıdır. Bu yüzden paralel bağlı devrede lambalar daha parlak yanar.”* Soru 16: 

Tablo 78'in devamı

SDÖ18	Soru 16: *"Voltmetre seri olarak bağlanır."* Soru 17: *"Pile yakın olan lamba daha parlak yanar. Seri ya da paralel bağlı olarak bağlanması önemli değil, pile yakın olan fazla ışık verir."*	Soru 6: *"Akım dirençten geçerken aynı kalır. Kayba uğrayan şey enerjidir."* Soru 10: *"Akım devrenin her yerinde aynıdır ama elektrik enerjisi dirençten geçerken azalır, kayba uğrar. Akım olmasaydı, enerji olmazdı."* Soru 16 ve 17: Tam doğru cevap verilmiş.
SDÖ19	Soru 16: *"Voltmetre, devreye seri olarak bağlanır."*	Soru 16: Doğru olarak cevap verilmiş.
SDÖ20	Soru 16: *"Ampermetre, devreye paralel olarak bağlanır."*	*Soru 9: Direnç, elektrik enerjisini düşürür.* Soru 16 ve 17: *Doğru olarak cevap verilmiş.*
SDÖ21	Soru 7: *"Direnç, akıma karşı koyan güçtür."*	Soru 4: *"Elektrik, akımın iletilmesini sağlar."*
SDÖ22	Soru 7: *"Direnç, akıma karşı koyan güçtür.* Soru 16: *"Voltmetre, devreye seri olarak bağlanır."*	Soru 7: *"Akım dirence uğrayınca kayba uğrar."* Soru 9: *"Direnç büyüdükçe, akım düşer."* Soru 17: *"Seri bağlı devrede lambalar daha az yanar."*

Tablo 78'de görüldüğü gibi, araştırma kapsamında yapılan uygulamalar, öğrencilerin alternatif fikirlerini tam olarak yok edememiştir. Boş bırakılan soru sayısı azalmış ve bilimsel doğruya daha yakın cevaplar verilmiştir. Araştırmaya katılan deney grubu öğrencilerinin uygulama öncesi ve sonrası sahip oldukları alternatif fikirler Kavram tesi ve öğrenci çalışma kâğıtlarındaki veriler kullanarak belirlenerek uygulama öncesi veriler Tablo 79'da, uygulama sonrası veriler de Tablo 80'de gösterilmektedir.

Tablo 79. Öğrencilerin Uygulamalar Öncesinde Sahip Oldukları Alternatif Fikirlerden Bazıları

Kavram	Alternatif Fikirler
Akım	Akım, akışkan alandır.
	Akım, pil içerisinde hareket eder.
Direnç	Direnç, yalıtkandır.
	Direnç, akışkandır.
	Direnç, akıma karşı koyan güçtür.
	Direnç akımı yavaşlatır.
	Ohm, elektrik devreye ait bir nesnenin adıdır.
Üreteç	Üretecin görevi akım üretmektir.
	Pil, enerji depolar.
Elektrik Enerjisi	Enerji, akımların bütünüdür.
	Enerji, akımın harekete geçmemiş halidir.
	Elektrik enerjisi, devreden elektriğin geçiş şiddetidir.
Seri ve Paralel Bağlı Devre	Seri bağlı devrede akım gittikçe yavaşlar.
	Seri bağlı devrede bir lambada bozukluk varsa, diğerlerinin tamamı bozulur.
	Ampermetre, devreye paralel olarak bağlanır.
	Voltmetre, devreye seri olarak bağlanır.
	Pile yakın olan lamba daha parlak yanar. Seri ya da paralel bağlı olarak bağlanması önemli değil, pile yakın olan fazla ışık verir.

Tablo 80. Öğrencilerin Uygulamalar Sonrasında Sahip Oldukları Alternatif Fikirlerden Bazıları

Kavram	Alternatif Fikirler
Akım	Akım, elektrik devrenin her yerinde aynıdır.
	Akım elektriği taşır.
	Paralel bağlı devrede akım aynıdır. Bu yüzden paralel bağlı devrede lambalar daha parlak yanar.
	Akım akışkandır ama elektrik değildir.
	Elektrik akımı dirençten geçerken kayba uğramaz, sadece parlaklık bölünür.
	Akım devrenin her yerinde aynıdır ama elektrik enerjisi dirençten geçerken azalır, kayba uğrar.
	Akım, dirence uğrayınca kayba uğrar.
Direnç	Direnç, akımı yavaşlatır.
	Direnç fazla olursa, ampul patlar.
	Direnç, elektrik enerjisini
	Direnç, potansiyel farkı azaltır.
	Direnç, akımın geçmesini güçleştirir.
	Direnç arttıkça, lambanın parlaklığı ve gerilim azalır.
	Direnç fazla olursa ampuller patlayabilir.
	Direnç, devrede engel görevi yapar.
Üreteç	Pil, güç üretir.
	Üreteç, devrede akım üretmekle görevlidir.
Elektrik Enerjisi	Elektrik enerjisi, pilin içindedir ve kablolar aracılığıyla ışığa dönüşür.
	Elektrik enerjisi dirençten geçerken azalır, kayba uğrar.
	Elektrik, akımın iletilmesini sağlar.
Seri ve Paralel Bağlı Devre	Seri bağlamada lambaların parlaklığı az, paralelde fazladır.
	Pile en yakın lamba yanar.
	Paralel bağlı devrede akım aynıdır. Bu yüzden paralel bağlı devrede lambalar daha parlak yanar.

Deney grubu öğrencileri uygulama öncesi yapılan testte birçok soruyu boş bırakmış ve daha az açıklama yazmışlardır. O nedenle son testten daha fazla veri elde edilmekle birlikte, öğrencilerin çalışma kâğıtlarındaki verilerin ve değişen alternatif fikirlerinin yukarıdaki tabloların oluşmasında önemli katkısı olmuştur.

4. 4. Araştırmanın Dördüncü Alt Problemi ile İlgili Bulgular

Araştırmanın dördüncü alt problemi, sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme uygulamalarına katılan öğrenciler ile bu eğitime katılmamış öğrencilerin zihinsel modelleri arasında bir farkın olup olmadığını belirlemek için araştırmaya katılan deney ve kontrol gruplarına uygulanan kavram testi kullanılmıştır. Ayrıca deney gruplarındaki öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemek için önceki aşamada kullanılan, çalışma yaprakları, mülakat ve gözlem bulguları bu bölümde de kullanılmıştır.

Tablo 81. Öğrencilerin Uygulamalar Sonucu Sahip Oldukları Zihinsel Modellerin Karşılaştırılması

Değerlendirme Sonuçları	Zihinsel Model	(f_{deney}) (N=44)		($f_{kontrol}$) (N=42)	
		Ön test	Son test	Ön test	Son test
Olumlu Sonuçlar	Ohm modeli	13	26	12	19
Olumsuz Sonuçlar	Paylaşılan akım modeli	6	4	8	6
	Kapalı devre modeli	18	3	14	5
	Korunan akım modeli	4	3	11	8
	Sabit akım kaynağı modeli	8	3	12	6
	Azalan akım modeli	18	5	20	7
	Azalan potansiyel fark modeli	5	3	4	2
	Sıra model	7	2	6	4
	Eşitlik modeli	9	3	5	2
	Deneysel kural modeli	3	0	4	1
	Korunan gerilim modeli	7	1	5	0
	Boş	6	0	5	0
	Toplam	104	53	106	60

Tablo 81'de deney grubu ve kontrol grubu öğrencileri arasında benzer sonuçların çıktığı görülse de, frekans sayısı ve model sayıları dikkate alındığında, kontrol grubundaki öğrencilerin sahip olduğu zihinsel model sayısının daha fazla olduğu görülmektedir. Uygulamalar sonucunda deney grubu öğrencilerindeki "Ohm modeli"ne sahip öğrenci sayısı daha fazla olurken, "Azalan potansiyel fark", "Eşitlik modeli" ve "Korunan gerilim modeli" gibi yanlış zihinsel modelle sahip öğrenci sayısı kontrol grubundan daha fazla olduğu belirlenmiştir.

4. 5. Araştırmanın Beşinci Alt Problemine Yönelik Bulgular

Araştırmanın beşinci alt problemi kapsamında sanal laboratuvar programı destekli interaktif fizik ders materyallerinin ve programın uygulanabilirliği hakkında öğretmenlerin ve öğrencilerin görüşlerini değerlendirme amacı ile öğretmen ve öğrencilerle yürütülen mülakatlardan ve gözlemlerden elde edilen bulgular ayrı ayrı başlıklar halinde sunulmuştur.

4. 5. 1. Öğretmenler ile Yürütülen Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde materyalin içeriği ve uygulanmasına yönelik olarak uygulamaya katılan öğretmenlerin (Ö5, Ö6, Ö7) görüşleri; "uygulamanın avantajları", "uygulamanın zayıf yanları", "uygulama süresince karşılaşılan sorunlar ve çözümler" ile "öğretim materyalinin içeriğine ve uygulanmasına yönelik öneriler" kategorilerinde sunularak, öğretmenlerin görüşlerine yer verilmiştir. Elde edilen bulgular özetlenerek Tablo 82'de belirtilmiştir.

Tablo 82. Uygulama Öğretmenlerinin Uygulamalar Hakkındaki Görüşleri

	Görüşler	Öğretmenler	Örnek Alıntılar
Uygulamanın üstün yanları	Fizik dersinde sanal laboratuvar programının daha sık kullanılması gerekmektedir.	Ö5, Ö6	*"Sanal laboratuvarları duymuştum. Birkaç uygulamada sınıfta yapmıştım. Bizler için bile keyifli bir uygulama."*
	Sanal laboratuvar destekli bir öğretim ortamından öğrenciler de memnun kaldı ve ders sıkıcı olmadı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Günümüz öğrencileri teknoloji ile iç içe büyüyor. O nedenle bilgisayar ortamında ders işlenmesi onlar için keyifli oldu."*
	Daha etkili öğrenme ortamı sağladığından dolayı daha kalıcılı oldu.	Ö5, Ö7	*"Öğrenciler öğrendikleri konuları gerçek hayatla ilişkilendirebildikleri için kalıcılık sağlıyor."*
	Günlük hayattan örnekler verilmesi oldukça iyiydi. Böylelikle derste öğrendikleri ile gerçek yaşam arasında daha fazla bağ kurabilmeleri sağlandı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Öğrenciler örnek deneyler ile kapı zili, trafik lambası, dijital sayaç, el feneri gibi günlük hayatta her gün gördükleri aletlerin çalışmasını görebiliyorlar."*
	Öğrencilerin sanal laboratuvar programı sayesinde farklı devre türde devre oluşturup analiz edebildiler.	Ö5, Ö7	*"Elektrik devreleri ile ilgili birkaç basit devre gösterdim. Daha sonra öğrencilere zaman verdiğimizde inanılmaz devreler oluşturdular. Lambaları patlattılar. Seri ve paralel devreleri istedikleri gibi oluşturup analiz ettiler."*
	Farklı devre tasarımları ve verilerini sınıf içerisinde paylaşmaları, farklı düşünceleri görebilmemizi sağladı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Her öğrenci oluşturduğu devreyi diğerlerine gösterdi. Aralarında kıyaslama yaptılar."*
	Sanal laboratuvar programları dersi eğlenceli kıldı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Öğrenciler derste aktif olduklarından dolayı sıkılmadılar. Zaten teknoloji ile araları gayet iyi. Onlar için de iyi bir şey oldu."*
	Öğrencilerin uygulama yapabilmesi için fırsat eşitliği sağladı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Çok çekingen olan birkaç öğrenci haricinde hemen hemen herkes uygulamaya katıldı."*
	Elektrik gibi soyut bir kavramı somutlaştırarak öğrenmeyi arttırdı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Elektrik konusunu somutlaştırdı. Gerçek hayatla ilişkilendirdi."*
	Sanal laboratuvar programlarının hesaplama yapıp, grafik çizebilmesi oldukça olumlu bir özellik. Öğrencilerin deneyleri analiz edebilmesini sağladı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Özellikle Ohm Kanunu ortaya çıkarmada ve potansiyel farkım akıma oranını hesaplamada oldukça işe yaradı."*
	Sanal laboratuvar programları, gerçek fizik laboratuvar etkinlikleri yerine kullanmak daha kolay oldu.	Ö5, Ö7	*"Gerçek fizik laboratuvarlarından daha kullanışlı. Malzeme bulma derdi yok. Daha fazla öğrenci aktif olarak derse katılıyor. Ayrıca çok daha güvenli. "*
	Öğrencileri, yaptıkları uygulamalar sayesinde değerlendirebilme şansı yakaladık. Bu durum oldukça faydalı oldu.	Ö5, Ö7	*"Öğrencilerin neler düşündüklerini ve neler yapabildiklerini oluşturdukları dosyalardan görebiliyorum."*
	Öğrencilerin yaratıcılıklarını arttırdı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Çok farklı şekilde devre tasarladılar. Hatta benim bile hayallerimi zorladılar!"*
	Öğrencilerin keşfederek konuyu öğrenmesi, derse karşı motivasyonlarını arttırdı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Fizik dersini sıkıcı bulan öğrenciler, eğlenerek elektrik devreleri oluşturdular."*
	Öğrencilerin derse katılımı beklenenden fazlaydı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Her ne kadar başlangıç aşamasında isteksizde olsalar, bilgisayar ortamında ders yapmak ilgilerini çekti. Eğlendiler ve eğlenerek öğrendiler."*

Tablo 82'nin devamı

Uygulamanın zayıf yanları	Hazırlanan materyal öğretim programında belirtilen tüm üniteyi kapsamıyor ve çok zaman aldı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Basit Elektrik Devreleri konusunu tam olarak kapsamıyor. Konular ve örnekler yetersiz."*
	Geliştirilen ders materyalinde bazı konuların (kısa devre gibi) eksik kaldı. Ünitedeki tüm kazanımların tekrar incelenerek eksik konu ile ilgili örneklerin sunulması gerekmektedir.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Kısa devre ile ilgili örnek olmalıydı."*
	BT sınıflarında dersin yürütülmesinden dolayı, dersi işlemekte sorun (otorite sağlayamama, teknik sorunlarla karşılaşma, asistana ihtiyaç duyma, vb.) yaşandı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Her soruna ve her öğrenciye yetişemedim. Sürekli öğrencinin ayağına gitmek zorunda kalıyorum."*
	Her öğrenciyi bu etkinliklere katabilmek için çok fazla çaba sarf etmek zorunda kalındı.	Ö6, Ö7	*"Öğrencileri başta istekli değillerdi. Gereksiz olarak görüyorlardı."*
	Sanal laboratuvarlarla uygulama yapma çok fazla zaman alıyor. Yetiştirilmesi gereken konular için yeterli sürenin kalmadı.	Ö6, Ö7	*"Okuldaki teknik sorunlardan dolayı zaman kaybı çok oldu. Uygulamalar fazla ama tüm bunlar için yeterli süremiz yok."*
	Bu tür uygulamalar yapmak için ders süreleri yetersizdir. Ayrıca elektrik konusunu geleneksel yollarla da iyi öğretebilirdik.	Ö6, Ö7	*"Müfredat programı çok yoğun. Yetiştirilmesi gereken konular var. Daha kısa sürede konuyu anlatabilirim."*
	Öğrencilerin alışık olduğu düzenden çok farklı bir ortam yaratıldığı için önce bir direnç oluştu.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Sınavda bunların çıkmadığını düşünüyorlar. O nedenle öğrenciler başlangıç aşamasında isteksizdiler."*
	Geliştirilen öğretim materyalindeki içerik konu kazanımlarında yer almasına rağmen dersin bu kadar detaylı işlenmesi gereksizdir.	Ö7	*"9. sınıf öğrencileri için fazla detaya girilmiş. 10.sınıfta daha detaylı olarak bu konuyu görüyorlar."*
	Derse gelirken hazırlanma gereği duydum.	Ö5, Ö6	*"Alışık olmadığımız farklı bir yöntem olduğu için hazırlanma gereği duydum."*
Uygulama süresince karşılaşılan sorunlar ve çözümler	Belirtilen şekilde ders yürütmede yeterli bilgi ve tecrübem yoktu.	Ö6, Ö7	*"Daha önce hiç bu tür programlar kullanmadım. Teknolojiyle pek aram yok. O yüzden bana çok o uzak bu tür programlar."*
	Sanal laboratuvar programlarını ders içerisinde nasıl kullanacağım ve öğrencileri nasıl yönlendireceğim konusunda bilgi ve tecrübeye sahip değildim.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Daha önce sanal laboratuvar programı kullandım. Hatta akıllı tahtada bile gösterdim. Fakat ders boyunca öğrencilerin bu kadar aktif kullanmalarına yönelik bir çalışma yapmadım. Bu tür çalışmaların nasıl olması gerektiğini tam olarak bilmiyorum aslında."*
	Sanal laboratuvar programı kullanılması gerektiğinden, bilgisayarlara ihtiyaç duyulması beni tedirgin etmektedir.	Ö5, Ö6, Ö7	*"BT sınıflarında ders işlemek zordu. Öğrenciler dağınık ve bilgisayar aralarından geçemiyoruz. Teknik sorunlar oluyor. Bir asistana ya da bilgisayar öğretmenine ihtiyaç var. Sürekli öyle bir ortamda ders yapamam."*
	Öğrenci seviyesinin düşük olmasından dolayı, geliştirilen materyaldeki soruların bazıları zordur.	Ö6	*"Sorular daha basite indirgenmeli. İçerik fazla olduğundan süre de yetersiz kalıyor."*
	Sanal laboratuvar programlarına ulaşamıyoruz ve sınıf ortamına taşıyamıyoruz.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Akıllı tahtalarda bu tür yazılımlar olmadığı için kullanamıyoruz. Akıllı tahtaları sınıf içerisinde çok kullanamadığımız ve süremiz yeterli olmadığı için uygulama yapma şansımız olmuyor."*
	Geleneksel yollarla da konuyu iyi anlatabilirdim.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Daha fazla örnek sorular çözerek sınavlarda daha başarılı olabilirler. Yetiştirmem gereken birçok konu ve sınavlar var. Böyle bir yöntem bu sistemde olmaz."*
	Öğrenciler uygulamanın başlangıcında materyale ve farklı bir sınıf ortamında ders işlemeye yönelik bir direnç gösterdi ve istekli değillerdi. Fakat uygulama sürecinde ve sonunda bunlara alıştılar ve hoşlandılar.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Öğrencileri ilk olarak BT sınıfına getirmeye kalktığımızda çok isteksiz olduklarını gördüm. Ama dersin bilgisayar ortamında işlenmesi daha sonraları hoşlarına gitti."*
	Bazı öğrencilerin kalabalık gruplar halinde bilgisayar kullanması, gruptaki öğrencilerden birinin ya da bir kaçının pasif durumda kalmasını sağladı.	Ö5, Ö6	*"Bilgisayar laboratuvarında yeterli bilgisayar olmadığından dolayı bazı öğrenciler ikişerli gruplar halinde çalıştı."*
	Bilgisayarlarla ilgili yaşadıkları teknik sorunlar nedeniyle yardımcı bir kişiye ihtiyaçları duydum.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Bilgisayarlar kötü durumda. Çok fazla teknik sorun var. Bilgisayar öğretmeni bulunmak zorunda ama herkesin programı ve işi yoğun. Bu yüzden bu şekilde ders yapmak zor. "*

Tablo 82'nin devamı

Öğretim Materyalin içeriğine ve uygulanmasına yönelik öneriler	Değerlendirme bölümünde ki soru sayısı arttırılabilir.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Değerlendirme bölümündeki sorular yetersiz. Soru sayısı arttırılmalı ve alt konuları içeren sorular hazırlanmalıdır."*
	Uygulamalar tüm üniteyi kapsamalı.	Ö5, Ö6, Ö7	*"Materyal geliştirilmeli ve tüm üniteyi kapsamalı."*
	Öğrenciler için üniversiteye giriş sınavı ve akademik başarı puanları daha önemli olduğundan özellikle soru ve örneklem sayısı arttırılmalı.	Ö7	*"Öğrenciler sürekli üniversite sınavı kaygısı taşıdıklarından test sistemi ile ilgili çalışmalar yapmak istiyorlar. Deney ve uygulamaları vakit kaybı olarak görüyorlar. Değerlendirme bölümündeki soru sayısı arttırılarak sınava hazırlanmaları da sağlanabilir."*

Örneklemdeki öğretmenler, geliştirilen öğretim materyalindeki etkinlikler kapsamında sanal laboratuvar programlarının kullanımı konusunda olumlu görüşlere sahip olmalarına rağmen; dersin sınıf ortamında değil de okullarda bulunan BT sınıflarında işlenmesi konusundaki endişelerini belirtmişlerdir. Sınıf ortamında ders yürütmeye alışan öğretmenler için BT sınıflarında yaşanabilecek sorunlardan (sınıf yönetimi, ders sunumu, oluşabilecek teknik sorunlar, sınıf içerisinde disiplin sağlayamama, yapılan etkinlikleri öğrenci bilgisayarlarından takip etme zorunluluğu ve gerekli yönlendirmelerde bulunamama, vb.) dolayı endişe taşımaktadırlar. Bu nedenle, okullarda görev yapan BT öğretmenlerinden yardım alınması gerektiğini ifade etmektedirler.

Öğretmenlerin tamamı, sanal laboratuvar destekli bir öğretim ortamından öğrencilerin de memnun kaldığını ve daha kalıcı bir öğrenme sağladıklarını belirtmelerine rağmen, sürenin yetersiz oluşu ve bu konudaki bilgi ve tecrübelerinin eksik olmasından dolayı alıştıkları yöntemleri uygulayacaklarını belirtmişlerdir. Yürütülen mülakatlarda ayrıca, fizik öğretmenlerinin sanal laboratuvar programlarını ders içerisinde nasıl kullanacakları ve öğrencileri nasıl yönlendirecekleri konusunda bilgi ve tecrübeye sahip olmadıkları tespit edilmiştir. Öğrencilerin bu tür programlar olan ilgisi ve oluşturdukları deney düzenekleri öğretmenlerin dikkatini çekmiştir. Bu nedenle, geliştirilen öğretmen rehber materyali oldukça ilgilerini çekmiştir.

4. 5. 2. Öğrencilerle Yapılan Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Öğrenciler ile yapılan mülakatlarda ise, sanal laboratuvar destekli bir ortamda fizik dersinin yürütülmesi konusunda yaşadıkları tecrübeler ve derse karşı ilgi düzeyleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan mülakatlar sonucunda, öğrencilerin sanal laboratuvar programını eğlenceli buldukları ve elektrik konusundaki ilgi düzeylerinin arttığı görülmüştür. Sanal laboratuvar kullanımının, öğrencilerin elektrik devresi kurma konusundaki özgüvenlerini olumlu yönde etkilediği ifade edilmektedir. Bu tür programlar,

fizik gibi genelde önyargıyla karşılanan bir dersin daha zevkli hale getirilmesine yardımcı olmaktadır. Öğrencilerin hayal güçlerini de kullanmalarına fırsat tanıyarak orijinal fikirlerin gerçeğe dönüşmesini sağlamaktadırlar.

Yürütülen mülakatlar sonucunda, öğrencilerin tamamı fizik dersini daha eğlenceli ve kolay bulduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca bilgisayar ortamında deney yapabildikleri için konuyu daha iyi öğrendiklerini belirtmişlerdir. Öğrenci mülakatlarından elde edilen diğer bulgular Tablo 83'de sunulmuştur:

Tablo 83. Öğrencilerin Uygulamalar Hakkındaki Görüşleri

	Görüşler	Öğrenciler	Örnek Alıntılar
Olumlu görüşler	Sanal laboratuvar ortamında öğrendiklerimi gerçek hayata uyarlayabiliyorum.	GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ4	*GÖ4: "Fizik dersinin gerçekte ne işe yaradığını ve nasıl kullanabileceğimi öğrendim. Aslında o kadarda anlamsız ve uzak değilmiş. Gerçek hayata uyarlayabilirim."*
	Konuyu daha iyi öğrendim.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*GÖ3: "Derste işlenen konunun gerçek hayatımızda nerede kullanacağımızı gördük."*
	Eğlenceli ses efektlerinin olması hoşuma gitti.	GÖ1, GÖ2, GÖ4, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi: "Sesler gerçekteki gibi. Lamba patlayınca ses çıkıyor. Zil yapımında ses çıkması hoştu."*
	Sanal laboratuvar ortamındaki uygulamalar konunun daha anlaşılır olmasını sağladı.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi: "Fizik dersinin gerçekte ne işe yaradığını anlamıyordum. Bir sürü formüller olarak algılıyordum ama öyle değilmiş aslında…"*
	Sanal laboratuvar kullanarak kolaylıkla devre kurabiliyorum.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*GÖ1: "Program sayesinde 4 farklı devre kurdum. Lambalar yakıp patlattım. Kapı zili tasarladım."*
	Sanal laboratuvar kullanarak devre elemanlarını doğru bir şekilde bağlayabiliyorum.	GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2	*SÖ2: "Elektrik devreleri oluşturabiliyorum. Başta fare ile bağlamak zor geldi ama uçlarını birleştirince işe yarıyor. Kolaymış yani…"*
	Sanal laboratuvar kullanarak devre kurarken lambaları patlatmak hoşlarına gitmiştir.	GÖ1, GÖ2, SÖ3, SÖ4	*GÖ1: "En sevdiğim tarafı lamba patlatmalardı. Sesle, görüntüyle ve tamir edebilme özelliğiyle çok eğlenceliydi."*
	Elektrik devresi kurma ve analiz etmede, kendime güvenim arttı.	GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ4	*GÖ4: "Elektrik devresinde akım, direnç gibi değerleri hesaplamak zor geliyordu. Şimdi nedenlerini anladım. Daha mantıklı geliyor bu konu."*
	Görseller, çalışma yaprakları, sanal laboratuvar programları derse karşı ilgimi arttırdı.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi: "Kitaptan farklı olarak uygulama yapmak bizim içinde güzle oldu."*
	Bilgisayar ortamında çok fazla deney yapma imkânı bulduk.	GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ2,	*GÖ1: "Bilgisayar sınıfında ders işlemek iyi oldu. Hem fizik dersi yaptık hem de bilgisayar kullandık. Deneyleri bilgisayar ortamında yapmak daha kolay oluyormuş."*
	Çalışma yaprakları yönlendirmede ve not almamda faydalı oldu.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*SÖ4:" Defter çıkarmadan, dağıtılan kâğıtları kullanmamız daha iyi oldu."*
	Günlük hayattan örnekler ile fizik dersinin işlenmesinden memnun kaldık.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*GÖ4: "Fizik dersinin ne işe yaradığını şimdi daha iyi anlıyorum."*
	Fizik dersine karşı kendime güvenim arttı.	GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ4	*GÖ3: "Sayısal derslere karşı ilgim arttı. Fizik o kadar da korkulacak bir ders değilmiş."*
	Fizik dersini daha fazla sevmeye başladım.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ4	*GÖ2: "Konuları anladıkça, sorulara cevap bulup, deney de yapınca derse karşı ilgim arttı."*
	Fizik ders daha eğlenceli geçti. Hiç sıkılmadım.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ4	*GÖ3: "İlk defa fizik dersinde bu kadar eğlendim."*
	Crocodile Physics 401 programı Phet'den daha kullanışlı ve eğlencelidir.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi: "Timsahlı program daha eğlenceliydi. Diğeri çizgi film gibiydi."*

Tablo 83'ün devamı

Olumsuz görüşler	Bilgisayar ortamında deney yapmaya alışık olmadığımızdan başlangıçta tuhaf geldi.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi: "İlk başlarda çok yadırgadık. Diğer sınıflar bilgisayar sınıfında fizik dersi yapmıyorlar. Biz neden geliyoruz? Bundan sonra yine sınıfta ders işleriz artık."*
	Sorular ve deneyler çok ayrıntılıydı. Üniversite sınavı için testlerde böyle sorular çıkmıyor.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, SÖ1, SÖ2, SÖ3	*GÖ2: "Üniversite sınavına girdiğimde böyle ayrıntılı soru olmayacak."*
	Bilgisayarlar yetersizdi. Etkinliklere tam olarak katılamadım.	SÖ1, SÖ3	*SÖ4: "Herkes bireysel olarak bir bilgisayarda çalışma fırsatı olmadı."*
	Daha fazla test çözüp, sınava hazırlanmalıydık.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi: "Ortak sınavlarda diğer sınıflar daha fazla test çözdüğü için bizi geçecekler. Biz de bilgisayarda vakit kaybettik."*
	Derse uyum sağlamada sorun yaşadım.	GÖ1, GÖ2, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*SÖ2:"Bilgisayar derslerini bile çoğu zaman bilgisayar kullanarak işlemiyoruz. O nedenle bu sınıfta ders yapmak beni rahatsız etti."*
	Süre yetersizdi.	GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*GÖ3: "Test çözmeye vakit kalmadı."* *SÖ2: "Daha fazla devre kurmak istiyordum ama yapamadık."*
	Test çözmek için yeterli zaman kalmadığından yapılanlar vakit kaybıydı.	GÖ1, GÖ2, GÖ3, GÖ4, SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*Hepsi: "Ortak sınavlarda bunlar çıkmayacak. Test çözmeliydik. Diğer sınıflar bizden ilerde."*
	BT sınıfındaki teknik sorunlardan dolayı, etkin bir şekilde ders yapamadık.	SÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*SÖ1: "Çok fazla eksik vardı. Sandalye, bilgisayar çok eskiydi. Ayrıca hepsi hurda gibi. Bazen fare çalışmadı. Bazen bilgisayar kapanıp açılmadı."*
	Grup çalışması yapmak zorunda kaldığımdan dolayı çekingen kaldım.	GÖ1, SÖ2, SÖ3, SÖ4	*SÖ4: "Aktif olarak derse katılamadım. Gruptaki arkadaşım bilgisayarı tek başına kullandı. Bana izin vermedi."*

Tablo 83'den de görüldüğü gibi; öğrenciler fizik dersine karşı olumlu bir tutum sergilemekte, alışık olmadıkları bir sınıf ortamı ve uygulamalar için isteksiz görülseler de fizik dersinin bu kadar eğlenceli ve işe yarar bir ders olduğunun farkına varmışlardır.

4. 5. 3. Gözlemlerden Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın pilot uygulamasında araştırmacı uygulayıcı olduğundan dolayı gözlemlerden elde edilen veriler, pilot ve asıl uygulama kapsamında incelenmiştir. Pilot uygulamada öncelikli olarak Edison5 programı kullanılmıştır. Fakat bu programı, öğrenciler kullanım zorluğu yaşadıklarından Crocodile Physics 401 ile çalışmaya devam edilmiştir (Karagöz ve Saka, 2016). Öğrencilerin Bilgi ve İletişim Teknolojileri dersinde fizik konularını işlemeleri başta problem oluştursa da, yapılacak çalışmanın öneminden ve uygulama performanslarına göre not verileceği belirtilerek çalışma sürdürülmüştür. Öğrencilere kullanışlılık eğitimi verildikten sonra, kendi eleştirel düşünme becerilerini kullanarak farklı elektrik devreleri tasarlamaktan hoşlanmışlardır.

Asıl uygulama aşamasında öğrenciler, fizik dersini Bilişim Teknolojileri sınıfında işlediklerinden, ilk hafta isteksizlik yaşamışlardır. Fizik öğretmenleri bilgisayar sınıflarında ders işleme ve sanal laboratuvarlar konusunda oldukça deneyimsiz olduklarından bir yardımcı kişiye ihtiyaç duymuşlardır. Bu durumda, araştırmacı gönüllü yardımcı kişi olarak

özellikle teknik konularda müdahalelerde bulunmuştur. Uygulamalar boyunca gözlem formları kullanılarak elde edilen diğer bulgular Tablo 84'de sunulmuştur.

Tablo 84. Fizik Öğretmenlerinin Uygulamalarından Elde Edilen Gözlem Bulguları

Gözlemlenen Davranışlar	Ö5	Ö6	Ö7
Derse hazırlıklı gelme	G	GM	KG
Derse girişte, öğrencilerin derse karşı meraklarını çekebilme	G	KG	G
Öğrencilere keşfetme aşamasında doğru bir şekilde yönlendirme yapabilme	G	KG	KG
Öğrencilerin elde ettiği verileri doğru bir şekilde açıklayabilme	G	G	G
Öğrenilen konuyu benzer alt problemler üzerinde uygulama yapabilmeye yönlendirme	G	G	G
Günlük hayattan diğer örneklerle konuyu ilişkilendirebilme	G	G	G
Öğrencilerin içinde bulundukları grup ve diğer gruplarla öğrendiklerini paylaşması için uygun sorular yöneltebilme	G	KG	G
Öğrencilere elde ettiği veriler doğrultusunda elektrik konusu ile ilgili sorular sorarak neler öğrendiklerini belirleme	G	KG	G
Sanal laboratuvar kullanarak ders yürütmede istekli olma	G	GM	KG
Sınıf kontrolünü sağlayabilme	G	KG	G
Sanal laboratuvar konusuna hâkim olma	G	GM	KG
Zamanı verimli kullanabilme	G	KG	KG
Öğrencilerin etkin katılımı için etkinlikler düzenleyebilme	G	KG	KG
Teknik sorunlarla baş edebilme	KG	GM	GM
Geliştirilen materyali sınıf içerisinde uygulayabilme	G	KG	G
Benzer öğretim materyalleri kullanma konusunda istekli olma	G	GM	KG
Ders bitimindeki öğretmen davranışları	Ö5: Öğrencilerin yaptığı uygulamaları araştırmacı ile birlikte değerlendirme konusunda gönüllü idi. Ö6: Örnek uygulamalar bittikten sonra dersi tamamlayamadan çıktığı oldu. Öğrencilerin serbest etkinliklerinde BT sınıfında değildi. Ö7: Öğrencilerin BT sınıfındaki uygulamalardan ziyade geleneksel yöntemle ders anlatma gayretindeydi. Bilgisayar kullanarak ders yürütmede gönülsüzdü.		

Yorumlar:

Ö5, Anadolu Lisesi-2'de görev yapmaktadır. BT sınıfının olumsuz fiziki koşullarına rağmen derse karşı çok ilgili. Öğrencilerin BT sınıfında katılımını sağlamak ve uygulamaları yaptırmak için çok uğraş verdi. Farklı deney düzenekleri oluşturmak için çalıştı. Derste çok aktif ve sınıfı kontrol altında tutabiliyor.

Ö6, Anadolu Lisesi-2'de görev yapmaktadır. BT sınıfında ders işlemekten oldukça çekiniyor. Öğrenci uygulamalarına çok fazla müdahale etmiyor. Rahat tavırlar sergiliyor. Sanal laboratuvar programlarına hâkim olmadığından, sürekli araştırmacıdan yardım istedi.

Ö7, Anadolu Lisesi-1'de görev yapmaktadır. BT sınıfı iyi durumda olduğundan, bu ortamda ders işlemeye alışık olmasa da zorlanmadı. Fakat sanal laboratuvarlar konusuna çok hâkim değil. Programla ilgili sorunlarda araştırmacıya sürekli danıştı. Özelikle sınav ve teste yönelik ders işleme tarzı olduğundan, öğrencilerin çok farklı deney düzenekleri oluşturma konusunda istekli değildi. Çalışma yapraklarındaki uygulamalar ve sorular üzerinde daha çok yoğunlaştı.

Tablo 84'de, çalışmaya katılan ve uygulamaları yürüten üç fizik öğretmeninin kendi karakterlerine bağlı olarak sergiledikleri performans ve davranışlar belirtilmiştir. Anadolu Lisesi-1'deki teknik imkânlar daha iyi olduğundan dolayı öğrencileri, yaptıkları çalışmaları değerlendirmek daha kolay olmuştur. Okulun fizik öğretmeni Ö7'nin öğrencileri ve yapılan çalışmaları değerlendirmesi Anadolu Lisesi-2'deki öğretmenlere göre daha kolay olmuştur. Öğretmenler öğretim materyalindeki bölümleri, hazırlanan rehber materyalini de

kullanarak aşama aşama uygulamaya çalışmıştır. Uygulama süresince öğretmen materyaldeki bölümlere birebir uymaya çalışmış fakat küçük aksaklıklar yaşadığı görüşülmüştür. Her iki okulun deney grupları ile yapılan uygulamalar sonucunda ortak gözlem bulguları Tablo 85 ve Tablo 86'da, ders yürütme süreçlerine yönelik bazı görüntüler Ek 12'de gösterilmiştir.

Tablo 85. Anadolu Lisesi-1 Deney Grubu Öğrencilerinden Elde Edilen Gözlem Bulguları

	Gözlem bulguları
Merak uyandırma	Öğretmen öğrencilere çalışma yapraklarının bir sayfasını dağıtıyor. Birinci bölümdeki soruları cevaplandırmaları isteniyor. Öğrenciler kendi aralarında konuşmaya başlıyor. Sorulara cevap bulmaya çalışıyorlar. Öğretmen öğrencileri uyararak "Bildiklerinizi, kendi düşüncelerinizle boş kısımları doldurun." dedi. Öğretmen gelen sorulara cevap vermekten kaçınmıştır. Öğrencilerin boşlukları doldurması için süre vermiş ve ders sonunda yazılanları okutmuştur.
Keşfetme	Öğretmen çalışma kâğıdının ikinci sayfasını dağıtmıştır. Öncelikle elektrik devrelerinde kullanılan nesneleri tanıma amacıyla sadece isimleri verilen tabloya sanal laboratuvar programını kullanarak nesnelerin sembol ve gerçekte nasıl göründüklerine ait şekilleri çizmeleri istenmiştir. Bir süre sonra çalışma sayfasındaki diğer etkinliğin olduğu sayfayı da dağıtarak öğrencilerden sanal laboratuvar programını kullanarak çeşitli elektrik devreleri oluşturmalarını ve bunları incelemeleri istendi. Öğrenciler devre oluştururken teknik veya devre analizi ile ilgili bir sorun yaşadıklarında öğretmenlerinden yardımcı olmalarını istediler. Bir bilgisayarı iki kişinin paylaştığı öğrenci gruplarında genelde bilgisayar konusunda iyi olan öğrencinin aktif olarak uygulamaları yaptığı görülmüştür. Diğer öğrenci genelde gözlemci ve not tutan durumunda olmuştur. Sanal laboratuvar programında devre oluştururken grafik kâğıdı özelliği olan bir zemin kullanılması, işlemleri kolaylaştırmıştır. Öğrencilerin lamba patlatmaktan, ses efektlerinden ve timsah simgesi ile nesneleri silmekten oldukça hoşlandıkları görülmüştür. Bu nedenle yanlış devre oluşturmaktan çekinmemişlerdir. Öğretmen sırası ile herkesin bilgisayarda uygulama yapması gerektiğini belirtse de, daha meraklı ve bilgisayar kullanma becerisi iyi olan öğrencilerin aktif olduğu görülmüştür. Öğretmen teknik sorular karşısında yetersiz kalıp araştırmacıdan yardım istemiştir. Dersin sonunda, öğrencilerden elektrik devreleri ile ilgili hipotezlerini çalışma kâğıtlarına yazmaları istenmiştir.
Açıklama	Öğretmen bu bölümde üçüncü çalışma yapraklarını dağıtarak öğrencilerin Ohm Kanunu keşfedebilecekleri ve açıklayabilecekleri bir uygulama yapmalarını istemiştir. Sanal laboratuvar programı kullanılarak oluşturdukları bir elektrik devresine ampermetre ve voltmetre bağlayarak ölçüm yapmalarını ve not etmelerini istemiştir. Ölçtükleri akım ve potansiyel farkı değerlerini not ederek aralarında bir ilişki kurmalarını ve bunun grafiğini çizmelerini istemiştir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu grafiği düzgün doğrusal bir eğri şeklinde çizebilmiş fakat bazı öğrencilerin yanlış ölçümleri sonucunda grafik çizemediği ve bir sonuca varamadıkları görülmüştür. Öğretmen bu durumdaki öğrencilere dersin sonunda hızlı bir özet yaparak etkinliklerin nasıl olacağını göstermiştir.
Detaylandırma	Bu aşamada öğretmen, dördüncü çalışma yaprağını dağıtmıştır. Öğrencilerden reosta kullanarak bir devre oluşturmalarını ve bununla ilgili olarak not alıp çıkarımlarda bulunmalarını istemiştir. Reostanın farklı değerleri için akım ve potansiyel fark verilerini kaydetmelerini, elde ettikleri sonucu Ohm Kanunu ile tekrar ilişkilendirmelerini istemiştir. Dersin sonuna doğru öğrencilerin elde ettikleri verileri birbirleri ile paylaşmalarını sağlamıştır. Öğretmen sorular sorarak öğrencilerden cevap vermelerini istiyor. Önceki uygulamalarda farklı devreler kuran öğrencilerin, reosta kullanırken zorlanmadıkları görülmüştür.
İlişkilendirme	Elektrikle ilgili gerçek hayatta gördükleri bir olayla ilgili etkinlik yapmaları için öğretmen beşinci çalışma yaprağını dağıtmıştır.
Paylaşma	Öğrenciler, öğretmen ile etkileşim içinde bulunarak grup içi tartışmalarıyla edindiklerini aktarmaya çalışmışlardır. Öğretmen, öğrencilerin yaptığı açıklamaları dinledi ve anlamaya çalıştı.
Değerlendirme	Öğretmen son çalışma yaprağınıda öğrencilere dağıtarak, verilen soruları cevaplamalarını istemiştir. Cevaplama yaparken sanal laboratuvar programından yardım alabileceklerini fakat birbirleri ile konuşmamalarını istemiştir. Her öğrencinin kendi başına cevap vermesi gerektiğini belirtmiştir. Daha sonra öğrencilerden verdikleri cevapları okumalarını ve açıklamalarını istemiştir. Farklı görüşleri savunan öğrenciler ile tartışma ortamı oluşmasını sağlamış ve gerekli yerlerde müdahalelerde bulunmuştur. Öğrencilerin sanal laboratuvar programları kullanarak oluşturup kaydettikleri deney düzenekleri de incelenmiştir. Böylelikle öğrenci gruplarının çalışmaları kıyaslanabilmiştir.

Tablo 86. Anadolu Lisesi-2 Deney Grubu Öğrencilerinden Elde Edilen Gözlem Bulguları

	Gözlem bulguları
Merak uyandırma	Çalışma kâğıtlarını alan öğrenciler kendi aralarında tartışmalar yaparak yorumlarda bulunuyorlar. Bilgisayar sayısı az olduğun öğrenciler 2 ve 3'er gruplar halinde çalışma yapmak durumunda kalıyorlar. Dersin son 15 dakikasında öğretmen, verilen cevapları sınıf içerisinde paylaşılmasını istiyor.
Keşfetme	Çalışma kâğıdının "Keşfediyorum" bölümünü alan öğrenciler, sanal laboratuvar programı kullanarak Elektrik nesnelerini gösteren sembolleri seçip devre kurmaya çalışmışlardır. Öğrenci gruplarından genelde bilgisayar kullanmayı seven öğrenciler sanal laboratuvar kullanımında aktif olurken, diğer öğrencilerin daha çekingen kaldığı görülmüştür. Her grupta bilgisayar kullanmayan öğrencilerden biri çalışma yapraklarına notlar yazmış ve hesaplamalar yapmayı tercih etmiştir. Sanal laboratuvar programlarındaki semboller ve özellikle timsah ile nesneyi yok etme işlemi hoşlarına gitmiştir. Sanal laboratuvar programında devre oluştururken grafik kâğıdı özelliği olan bir zemin kullanılması, işlemleri kolaylaştırmıştır. Bu okulun bilgisayar laboratuvarındaki öğrenci bilgisayarlarında hoparlör olmadığından dolayı ses efektlerini duyamamışlardır. Bilgisayar sayısı yetersiz olduğundan, bilgisayar kullanamayan öğrenciler izlemekle yetinmişlerdir.
Açıklama	Öğrenciler oluşturdukları elektrik devrelerine ampermetre ve voltmetre bağlayarak akım ve potansiyel fark değerlerini not etmişlerdir. İki arasındaki oranının (V/I) aynı olmasını yorumlamaya çalışmışlardır.
Detaylandırma	Öğrenciler reosta kullanarak bir devre oluşturmuşlar ve akım ve potansiyel fark değerlerini ölçüp analiz yapmaya çalışmışlardır. Reostanın farklı değerleri için akım ve potansiyel fark verilerini kaydetmelerini, elde ettikleri sonucu Ohm Kanunu ile tekrar ilişkilendirmeleri sağlanmıştır. Bu bölümde öğrencilere serbest zaman aralığı bırakılarak istedikleri şekilde devre kurmaları sağlanmıştır. Teknik sorunlar da yaşanmıştır.
İlişkilendirme	Öğrencilere elektrikle ilgili gerçek hayatta gördükleri bir olayla ilgili etkinlik yapmaları için yönlendirilme yapılmıştır.
Paylaşma	Öğrenciler, birbirleri ile etkileşim içinde bulunarak grup içi tartışmalarıyla edindiklerini aktarmaya çalışmışlardır.
Değerlendirme	Öğrenciler "Değerlendirme" bölümündeki soruları cevaplamaya çalışmışlardır. Soruları cevaplandırırken grup içerisinde iletişim kurabilecekleri ve sanal laboratuvar programından faydalanabilecekleri belirtilmiştir. Öğrenciler, soruları cevaplandırırken aynı grupta olanlar benzer cevaplar yazmışlar ve birbirlerinden etkilenmişlerdir. Öğrencilerin sanal laboratuvar programları kullanarak oluşturup kaydettikleri deney düzenekleri de incelenmiştir. Oluşturulan deney dosyası sayısı daha az ve daha basit tasarımlar olmasına rağmen öğrenci gruplarının çalışmaları kıyaslanmıştır.

Tablo 85 ve Tablo 86'da elektrik konusunda yapılan uygulamalara yönelik gözlem bulguları sunulmuştur. Araştırmanın deney grubu ile yapılan çalışmalar, uygulamanın yürütüldüğü okullara göre ayrı ayrı değerlendirmeleri Tablo 87 ve 88'de gösterilmiştir.

Tablo 87. AL-1 Deney Grubu Öğrencilerinden Elde Edilen Gözlem Bulguları

Gözlemlenen Davranışlar	G	KG	GM
Derse ilgili olma		X	
Bilgisayar Laboratuvarında ders yapmaya uyum sağlama	X		
Derse karşı meraklarında artış olma		X	
Keşfetme aşamasında araştırmacı olma	X		
Elde edilen verileri doğru bir şekilde açıklayabilme		X	
Öğrenilen konuyu benzer alt problemler üzerinde uygulama yapabilme	X		
Günlük hayattan diğer örneklerle konuyu ilişkilendirebilme	X		
Diğer öğrencilerle bilgilerini paylaşma	X		
Öğretmen tarafından yöneltilen soruları doğru olarak cevaplama	X		
Sanal laboratuvar programlarını etkin kullanabilme	X		
Örnek gösterilen bir elektrik devresini oluşturabilme	X		
Farklı devreler oluşturabilme	X		
Deney düzeneğini analiz edebilme	X		
Verilen görevleri yerine getirme	X		
Sanal laboratuvar programı kullanarak elde ettiği verileri not etme	X		
Elde edilen verileri kullanarak hesaplama yapabilme ve çıkarımlar sağlama	X		
Zamanı verimli kullanabilme	X		

Tablo 87'nin devamı

Konuyu yaşamla ilişkilendirebilme	X	
Bilgisayar kullanma konusunda arkadaşlarına saygılı olma	X	
Karşılaşılan teknik sorunlarla başa çıkabilme	X	
Eğlenerek öğrenme	X	
Benzer etkinlikler konusunda istekli olma	X	
Öğrenciler arasındaki işbirliği ve bilgi alışverişini sağlama	X	
Ders bitimindeki öğrenci davranışları	Çalışma kâğıtlarındaki uygun yerleri, uygulamalardan elde ettikleri verilerle doldurdular. Sanal laboratuvarların temini ve çeşidi ile ilgili araştırmacıya çok fazla soru geldi.	
Yorumlar: Öğrenciler Bilişim Teknolojileri dersini BT sınıfında işlediklerinden dolayı, ortamı yadırgamadılar. BT sınıfındaki 16 adet iyi durumdaki bilgisayar üzerinde çalışma yaptıklarından dolayı teknik sorunlar yaşanmadı. Öğrencilerin çoğu bireysel olarak tek başına bilgisayar kullanabildi.		

Tablo 87'de Anadolu Lisesi-1'deki uygulamaların genel değerlendirmesi gösterilmiştir. Okulun BT sınıfının durumu daha iyi olduğundan fiziki bir sorunla karşılaşılmadı. Çoğu öğrenci tek bir bilgisayarda oturup, verilen görevleri tek başına yapabildi. Vakit kaybı da olmadığından çalışmalar zamanında tamamlanabildi. 7E öğretim modeline uygun olarak yapılan uygulamalar boyunca Anadolu Lisesi-2'deki gözlemlerden elde edilen bulgular Tablo 88'de verilmiştir.

Tablo 88. Anadolu Lisesi-2 Deney Grubu Öğrencilerinden Elde Edilen Gözlem Bulguları

Gözlemlenen Davranışlar	G	KG	GM
Derse karşı ilgili olma	X		
Bilgisayar Laboratuvarında ders yapmaya uyum sağlama		X	
Derse karşı ilgilerinde artış olma	X		
Keşfetme aşamasında araştırmacı olma		X	
Elde edilen verileri doğru bir şekilde açıklama	X		
Öğrenilen konuyu benzer alt problemler üzerinde uygulama yapma		X	
Günlük hayattan diğer örneklerle konuyu ilişkilendirme	X		
Diğer öğrencilerle bilgilerini paylaşma		X	
Öğretmen tarafından yöneltilen soruları doğru olarak cevaplama	X		
Sanal laboratuvar programlarını etkin olarak kullanma		X	
Örnek gösterilen bir elektrik devresini oluşturma	X		
Farklı devreler oluşturma	X		
Deney düzeneğini analiz etme	X		
Verilen görevleri yerine getirme	X		
Sanal laboratuvar kullanarak elde ettiği verileri not etme		X	
Elde edilen verileri kullanarak hesaplama yapma ve çıkarımlar sağlama		X	
Zamanı verimli kullanma		X	
Konuyu yaşamla ilişkilendirme	X		
Bilgisayar kullanma konusunda arkadaşlarına saygılı olma		X	
Karşılaşılan teknik sorunlarla başa çıkma			X
Eğlenerek öğrenme		X	
Benzer etkinlikler konusunda istekli olma		X	
Öğrenciler arasındaki işbirliği ve bilgi alışverişin yapılması		X	
Ders bitimindeki öğrenci davranışları	Çalışma kâğıtlarındaki uygun yerleri yaptıkları uygulamalardan elde ettikleri verilerle doldurdular. Yaşanılan teknik sorunlar sonucunda öğrencilerin bazılarında isteksizlik görüldü.		

Tablo 88'in devamı

Yorumlar:
Okulun BT sınıfındaki bilgisayarlar çok bakımsızdı. Sadece bir bilgisayar çalışır durumdaydı. Ayrıca klavye ve fare eksikleri vardı. Araştırmacı 10 adet bilgisayarı çalışır duruma getirip, klavye ve fare ihtiyacını temin etti. Bu nedenle deney grubu öğrencileri 2'şer ve 3'erli gruplar halinde çalışmak durumunda kalmışlardır. Bu nedenle bilgisayar kullanımı konusunda daha bilgili ve hevesli olanların sanal laboratuvar ile uygulama yaptıkları, diğer öğrencilerinde not alarak ve çalışma kâğıtlarını doldurarak vakit geçirdikleri görüldü. Öğrenciler BT sınıfında çalışmadıklarından dolayı başta süreçteki uygulamaları garipsediler. Kendi sınıflarından başka bir ortamda ders yapma konusunda isteksizlik gözlemlendi.

Anadolu Lisesi-2 deney grubu öğrencilerinin gözlemlerden elde edilen diğer veriler aşağıda sunulmuştur:

- Uygulamaların başlangıcında öğrencilerde isteksizlik görülse de, örnek deneyler tasarlandıkça derse karşı ilgileri artmıştır.
- BT sınıflarındaki teknik sorunlardan dolayı öğretmen ve öğrencilerde, derse karşı ilgisiz ve olumsuz bir tutum sergilendiği görülmüştür.
- Öğrenci sayısı ile bilgisayar sayısı eşit olmadığından dolayı çoğu öğrenci ikili gruplar halinde çalışma yapmak zorunda kalmıştır.
- Grup çalışması yapıldığından bilgisayar konusunda iyi olan öğrencinin aktif olması diğerlerinin çekingen kalmasına neden olmuştur.
- Öğrencilerden istenilen görevler sonunda sanal laboratuvar ile uygulama yapabilmeleri için serbest bir zaman verilmiştir. Bu süre içerisinde, farklı sayıda lamba, pil gibi nesneler kullanarak istedikleri şekilde deneyler yapıp sonuçlarını görmekten hoşlanmışlardır. Özellikle ses efektleri, timsah ile nesneyi yok etme, farklı şekillerde seri ve paralel devreler oluşturup birbirleri ile kıyaslama yapma imkânı bulmuşlardır.
- Öğrencilerin serbest etkinlik sonrası sınıftan dışarı çıkmak istemedikleri, sanal laboratuvar kullanarak farklı devreler oluşturmak istedikleri görülmüştür.

4. 6. Bulguların Özeti

Araştırma kapsamında yürütülen uygulamalar sonucunda elde edilen bulguların özeti aşağıda sunulmaktadır:

- Araştırmaya katılan deney ve kontrol grupları arasında elektrik konusu ile ilgili akademik başarılarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 34). Araştırmaya katılan tüm grupların ön test ve son test verileri karşılaştırıldığında akademik başarılarında artış olduğu görülse de (Tablo 35), deney grubundaki artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir (Tablo 34).

- Uygulamaların yürütüldüğü kontrol grupları elektrik nesnelerinin isimlerini bilme anlamında deney grubuna göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 35).
- Tüm gruplar arasında elektrik nesnelerinin gerçek yaşamdaki görünümü ile ilgili bilgi seviyelerinde anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (Tablo 36).
- Elektrik nesnelerinin fiziksel sembollerini bilme seviyeleri açısından çalışma grupları arasında anlamlı bir farklılık görülürken, Anadolu Lisesi-1'in deney grubunda bir farklılık belirlenmemiştir (Tablo 38).
- Basit elektrik devresini çizme ve elektrik yüklerinin yönünü doğru bir şekilde gösterme açısından tüm gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunamazken; elektrik akımının yönünü doğru olarak göstermede tüm gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 39-41).
- Elektrik ve akım arasındaki ilişkiyi doğru şekilde ifade etme ve üretecin işlevini açıklama boyutunda deney gruplarının daha başarılı olduğu görülmüştür (Tablo 42-43).
- Deney grupları arasında bir elektrik devresindeki akım ve direnç arasındaki ilişkiyi açıklamada anlamlı bir farklılık bulunamazken, sadece Anadolu Lisesi-2 kontrol grubu öğrencilerinin anlamlı bir şekilde başarılı oldukları tespit edilmiştir. Fakat deney grubu öğrencilerinin Ohm Kanunu açıklamada ve akım ve potansiyel fark arasındaki ilişkiyi doğru şekilde ifade etmede daha başarılı olduğu görülmüştür (Tablo 44-45).
- Kontrol grupları, direnç ve elektrik enerjisi arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde ifade ederken, Anadolu Lisesi-2 deney grubu öğrencilerinde diğer okulun deney grubu öğrencilerinden daha başarılı oldukları görülmüştür (Tablo 47).
- Elektrik akımı ve enerjisi arasındaki ilişkiyi açıklamaya yönelik sorulan 10. soruda, deney gruplarının daha başarılı olmalarına rağmen Anadolu Lisesi-2'deki kontrol grubunun daha başarılı olduğu görülmüştür (Tablo 48).
- Basit bir elektrik devresinde ampulün yanmasını sağlayan faktörleri açıklamada, tüm grupların puanlarında anlamlı bir artışın olduğu tespit edilmiştir. Bunu destekleyen diğer bir bulguda, ampul ve üreteç arasındaki açıklamada deney grubu öğrencilerinin daha başarılı oldukları tespit edilmiştir. Fakat örneklemdeki tüm öğrencilerin ampulün ne kadar süre yanabileceğine ilişkin ve buna etkiyen faktörleri belirlemede ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamasına rağmen tüm öğrenciler doğru ve doğruya yakın puan almışlardır (Tablo 49 ve Tablo 52).

- Bir elektrik devresine bağlı ampul ile elektrik enerjisi arasında ilişkiyi belirlemeye yönelik soruya verilen cevaplarda Anadolu Lisesi-1 deney grubu ve Anadolu Lisesi-2 kontrol grubu öğrencileri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 53).
- Bir elektrik devresindeki bağlantı kablosunun işlevi ve devrenin çalışma sürecindeki etkisin belirlemeye yönelik 13. soruya, Anadolu Lisesi-1 deney grubu öğrencileri dışında diğer öğrenciler arasında da olumlu yönde bir farklılık tespit edilmiştir (Tablo 51).
- Bir elektrik devresine ampermetre ve voltmetrenin doğru şekilde bağlanmasını sağlamada tüm gruplar için yapılan uygulamalar etkili olurken, özellikle sanal laboratuvar programları kullanılarak yürütülen uygulamaların devreye voltmetreyi doğru bir şekilde bağlamada daha etkili olduğu belirlenmiştir (Tablo 54-55).
- Seri ve paralel bağlı devre oluşturma ve analiz etmede tüm gruplar için ön test ve son test arasında anlamlı bir farklılık görülürken, sanal laboratuvar destekli uygulama yapan öğrencilerdeki artışın daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 56-57).
- Sanal laboratuvar programları ile oluşturulan deney sayısı ve çeşitliliği beklenenden daha fazladır. Çalışma kâğıtlarında gösterilenler dışında da çok fazla sayıda ve farklı şekillerde elektrik devreleri tasarlanmıştır.
- Fizik öğretmenleri öğretim materyalinde yer alan bölümleri, hazırlanan rehber materyalini de kullanarak aşama aşama takip etmeye çalışmıştır. Uygulamalar süresince öğretmenler materyalde yer alan bölümlere birebir uymaya çalışmalarına rağmen fakat ufak tefek aksaklıklar yaşadığı görüşülmüştür (Tablo 82 ve Tablo 84).
- Sınıflar kalabalık olduğundan, bilgisayarda gruplar halinde çalışma yapılmak zorunda kalınmıştır (Ek 12 ve Tablo 85-86).
- Program öğrencilerin yaratıcılıklarını arttırıp dersi eğlenceli hale getirmiştir (Tablo 82-83).
- Crocodile Physics 401'de devre elemanlarını kablo ile birleştirirken grafik kâğıdı özelliği olan bir zemin kullanılması, işlemleri kolaylaştırmıştır (Tablo 85-86).
- Programlar, konuyu görselleştirerek gerçek hayatla bütünleştirdiği için öğrencilerin derse karşı motivasyonlarını arttırdığı gözlemlenmiştir (Tablo 83).
- Programların nesneleri onarma, ses efekti, şekilsel menüler sunması ve kullanışlılık açısından kolaylık sağladığı gözlemlenmiştir (Tablo 83).

- Deney grubundaki öğrencilerin, çalışma yapraklarındaki etkinlikleri gerçekleştirme ve öğrendiklerini ifade etme açısından her iki okulda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 78 ve Tablo 83).
- Anadolu Lisesi-1'ndeki teknik imkânlar daha iyi olduğundan dolayı, sanal laboratuvar programı ile hazırlanan deney dosya sayısı diğer okula göre daha fazla olmuştur (Tablo 87-88).
- Öğrencilerin, 7E öğretim modelinin ilk basamağı olan "Merak uyandırma" aşamasında, boş bıraktıkları sorular daha fazla iken, diğer aşamalarda doğru ve doğruya yakın cevap verme sayılarında artış olmuştur (Ek 16).
- 7E öğretim modelinin 2. Aşaması olan "Keşfetme" aşamasından sonra öğrencilerin daha doğru hipotez kurabildikleri belirlenmiştir (Ek 16).
- Araştırmaya katılan tüm deney ve kontrol gruplarının son testteki sorulara verdikleri cevaplar detaylı bir şekilde incelendiğinde, boş ve yanlış cevap verilen sorularda azalma olduğu hatta bazılarında (2, 4, 11, 13, 14, 15 ve 17. sorulardaki gibi) yok olduğu görülmüştür (Ek 15).
- Sanal laboratuvar destekli uygulamalara katılan öğrencilerin geleneksel yöntemle ders işleyen öğrencilere göre doğru cevap sayılarında artışın daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Ek 15).
- Araştırma kapsamında yapılan tüm uygulamalar sonucunda elde edilen bulgular, uygulamaların öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modellerin doğru yönde değişimini sağlasa da tamamen yok edemediği görülmüştür (Tablo 77).
- Öğrencilerin uygulamalar öncesi birden fazla zihinsel modele sahip oldukları tespit edilmiştir. Uygulama sonrası yanlış zihinsel modele sahip öğrencilerin sayısında azalma meydana gelmiş ve bilimsel modele sahip öğrenci sayısında artış görülmüştür (Tablo 77).
- Literatürde elektrik konusu ile ilgili belirtilen zihinsel model sayısı daha fazla olmasına rağmen, yapılan çalışmada öğrencilerin daha az sayıda zihinsel modele (Ohm modeli, azalan akım modeli, paylaşılan akım modeli gibi) sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 77).
- Deney grubu öğrencilerinin sahip oldukları alternatif fikirlerde, uygulama sonrasında artış olduğu görülse de, bu artışın uygulama öncesi yapılan testte birçok soruyu boş bıraktıklarından kaynaklandığı belirlenmiştir (Tablo 79-80).
- Uygulamalara katılan öğrencilerin zihinsel modelleri bilimsele daha yakın olduğu görülmüştür (Tablo 81). Ayrıca "Deneysel kural modeli"ne sahip olan öğrencilerin yok olduğu tespit edilmiştir.

- Araştırma boyunca yapılan uygulamaların “Kapalı devre modeli”, “Sabit akım modeli”, “Sıra modeli”, “Eşitlik modeli” gibi modelleri düzeltme de daha olumlu katkı yaptığı belirlenmiştir (Tablo 81).
- Araştırma sonucunda öğrenciler tarafından sahip olmadığı belirlenen zihinsel modeller şunlardır: *Tek kutuplu model, Zaman bağımlı model, Çift kutuplu model, Karşı akımlar modeli, Atlayan akım modeli, Sentez modeli, Sürekli olmayan akım modeli, Hareketli yükler modeli, Akışkan elektrik modeli ve Bölgesel düşünme.*
- Araştırma sonucunda literatürde olmayıp, elde edilen veriler sonucunda iki yeni model belirlenmiştir: “Eşitlik modeli” ve “Korunan gerilim modeli” (Tablo 81).
- BT sınıfında teknik sorunların fazla olması, öğrencilerin başarı ve motivasyonlarını azaltmaktadır (Tablo 88).

5. TARTIŞMA

Bu bölümde sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline uygun öğrenci ve öğretmen rehber materyalinin tasarlanması ve uygulanmasından elde edilen bulgular, literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak araştırmanın alt problemlerine dayalı olarak irdelenmiştir.

5. 1. Araştırmanın Birinci Alt Problemi ile İlgili Tartışma

Araştırmanın birinci alt problemi kapsamında sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9. sınıf öğrencilerinin "Basit Elektrik Devreleri" konusunu öğrenme üzerindeki etkilerini tespit etmeye yönelik Kavram testinden, öğrenci çalışma kâğıtları, sanal laboratuvar dosyaları ve mülakatlardan elde edilen veriler irdelenmiştir.

Sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modelinin öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisini belirlemek amacı ile yapılan uygulama sonucunda, deney ve kontrol gruplarında ön test-son test puanları arasında anlamlı bir farklılık görülmektedir ($p<.05$). Ayrıca her iki okulun deney grubu öğrencilerinin ortalamaları, kontrol grubu ortalamalarından daha fazla artış göstermiştir (Tablo 34-35). Anadolu Lisesi-1'de deney grubu ön test ortalaması 53.38 iken, son test ortalaması 70.32 olmuştur. Kontrol grubunda ise ortalamaların 50.57'den 62.43'e çıkmış olduğu görülmektedir. Benzer sonuç Anadolu Lisesi-2'de de görülmektedir. Burada deney grubu öğrencilerinin ön test ortalamaları 48.54, son test ortalaması ise 66.50 iken, kontrol grubu öğrencilerinin ön test ortalaması 47.05, son test ortalaması 56.45 olmuştur. Bu verilere göre, sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline göre geliştirilen ve uygulanan materyallerin öğrencilerin öğrenmelerini geleneksel öğretim yöntemine göre arttırıcı yönde bir değişime neden olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, literatürde yapılandırıcı öğrenme kuramı, 7E öğretim modeli ve sanal laboratuvar destekli uygulamaların öğrencilerin başarısını arttırdığına dikkat çekilmektedir (Bozkurt, 2008; Gönen ve Kocakaya, 2010; Gürbüz ve diğ., 2013; Jimoyiannis ve Komis, 2001; Oidov ve diğ., 2012). Genellikle deneysel çalışma yapılan araştırmalarda sanal laboratuvarlar (Dorneles ve diğ., 2010; Hodge ve diğ., 2000; Örnek, 2008) ve 7E öğretim modeli (Demirezen, 2012; Gönen ve Kocakaya, 2010; Gürbüz ve diğ., 2013; Kaleli-Yılmaz ve diğ., 2010; Özbek ve diğ., 2012) ayrı olarak ele alınmasına rağmen deney gruplarının ortalama puanlarının kontrol grupların ortalamasından daha yüksek olduğu, öğrencilerin dersi daha zevkli, ilgi çekici bulduğu ve tutumlarının pozitif

yönde etkilendiği vurgulanmaktadır. Fakat bu çalışmalarda, daha çok öğrencilerin başarı, öğrenme ve tutumlarında olumlu katkılar yaptığı ifade edilmektedir. Araştırmaya katılan öğrencilere uygulanan Kavram Testindeki sorulara verilen cevaplar ayrı ayrı analiz edildiğinde, elde edilen bulgular ile ilgili irdelemeler aşağıda yer almaktadır:

Kavram Testindeki birinci soruda, öğrencilerin elektrik devrelerinde kullanılan nesneleri isim, sembol ve şekil olarak belirtmeleri gerekmektedir. Elektrik nesnelerinin şekillerini doğru olarak belirtmede, tüm grupların ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<.05$) (Tablo 37). Okul kitaplarında ve çalışma yapraklarındaki şekillerin bu artışta oldukça büyük bir katkısı olduğu düşünülmektedir. Günümüzde yapılandırmacı yaklaşıma göre hazırlanan fizik öğrenci kitaplarının daha fazla görsellik ve güncel konuları içermesinden dolayı, kontrol gruplarının başarısına etkisi olduğu düşünülmektedir.

Anadolu Lisesi-1'in deney grubu haricinde diğer tüm gruplar, elektrik nesnelerinin sembollerini belirtme konusunda daha başarılı olmuştur ($p<.05$) (Tablo 38). Ayrıca her iki kontrol grubu da nesnelerin isimlerini belirtme konusunda deney gruplarına göre daha başarılı oldukları görülmektedir (Tablo 36). Anadolu Lisesi-1'de sanal laboratuvar programı ile diğer okula göre daha fazla uygulama yapma imkânı olduğundan, öğrenciler semboller üzerinde çalışmaktan ziyade gerçek şekiller ile çalışmışlardır. Kontrol gruplarında elde edilen bu bulgunun, semboller ile örnekler yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Anadolu Lisesi-2'deki fiziksel koşullar daha kötü olmasına rağmen, öğrencilerin ön test puanlarının daha düşük olması da, bu duruma ulaşmada önemli bir faktör olmuştur. Anadolu Lisesi-1, çevredeki insanlar tarafından daha fazla tercih edilen ve daha başarılı öğrencilerin kabul gördüğü bir okul olduğundan, öğrencilerin ön bilgilerinin diğer okula göre daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin, daha çok lamba, anahtar, üreteç ve farklı devreler kurmaya odaklanmalarının da etkili olduğu ifade edilebilir. Birinci sorudan elde edilen bu bulgulara göre, sanal laboratuvarların kullanımının öğrencilerin elektrik nesnelerini tanımada anlamlı derecede olumlu bir katkısı yoktur. Bu durumda Bozkurt'un (2008) çalışmalarından farklı olarak, öğrencilerin fiziksel semboller ile gerçek yaşamdaki şekilleri ilişkilendirme yeteneklerinde olumlu katkısı olduğuna yönelik kesin bir bulgu elde edilemediğinden, araştırma kapsamında öğrencilerin elektrik konusu ile ilgili gördükleri isim, sembol ve şekilleri doğru olarak eşleştirmelerine kesin olarak katkı sağladığı ifade edilemez.

Kavram Testindeki ikinci soruda ise, oluşturulan materyal ve öğrenme ortamının öğrencilerin basit bir elektrik devresi oluşturma (Tablo 39) ve yüklerin yönünü belirtme açısından tüm deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ($p>.05$) (Tablo 40). Bu durumun, öğrencilerin seçilerek kayıt yapılan bir Anadolu Lisesi

olmasından ve daha önceki öğretim yıllarında benzer konulara yer verilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu sorunun, dersin kazanımlarına uygun şekilde oluşturulmuş olmasına rağmen, 9. sınıf öğrencileri için oldukça kolay olduğu görülmektedir.

Kavram Testindeki üçüncü soruda, öğrencilerin elektrik akımının yönünü doğru olarak gösterebilmeleri ile ilgili tüm gruplar anlamlı derecede başarılı olmalarına rağmen ($p<.05$), deney gruplarının ortalamalarındaki artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir (Tablo 41). Bazı öğrencilerin elektrik yükleri ile akımın yönlerini hala karıştırdıkları görülmesine rağmen, Anadolu Lisesi-2'de bu yanlış düşüncenin tamamen yok edildiği tespit edilmiştir. Anadolu Lisesi-2'deki BT sınıfının teknik yetersizlikleri ve çalışma ortamının çok fazla elverişli olmamasından dolayı, uygulamayı yürüten fizik öğretmeninin diğer öğretmenlere göre derse çok fazla müdahale edip öğrencilere bilgi sunulmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

Kavram Testindeki dördüncü soruda, öğrencilerin elektrik ve akım kavramlarını doğru olarak ilişkilendirebilmelerine yönelik deney gruplarının daha başarılı oldukları görülmüştür ($p<.05$) (Tablo 42). Kontrol grubu öğrencilerinin bu iki kavramı çok farklı olarak algıladıkları, özellikle "Elektrik, enerjidir. Akım ise, devreden geçen potansiyeldir.", "Elektrik lambayı yakar" şeklinde açıklama yaptıkları belirlenmiştir.

Başarı testindeki beşinci soruda, devredeki üretecin görevini bilmeye yönelik olarak deney grubu öğrencilerinin anlamlı derecede başarılı oldukları tespit edilmiştir ($p<.05$). (Tablo 43). Bu durumun deney grubu öğrencilerinin sanal laboratuvar programları ile çalışır bir devre oluşturmaları ve her devre için bir üreteç gerekliliğini test ederek öğrenmiş olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kavram testindeki altıncı soruda, akım ve direnç arasındaki ilişkiyi belirlemede Anadolu Lisesi-1'ndeki öğrenciler arasında anlamlı bir fark olmamasına rağmen ($p>.05$), Anadolu Lisesi-2 kontrol grubu öğrencilerinin, deney grubundaki öğrencilere göre daha başarılı oldukları tespit edilmiştir ($p<.05$) (Tablo 44). Bu durumun, geleneksel öğretim yöntemi ile derslerin yürütüldüğü kontrol grubunun öğretmeninden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kullanılan sanal laboratuvar programlarında akım ve direnç ohm kanunu içerisinde, potansiyel fark ile de ilişkilendirilmektedir. Bundan dolayı, öğrencilerin zihinlerinde karmaşa yaşamalarına neden olmuş olabilir.

Kavram testindeki yedinci soru ohm kanunu ile ilgili olup deney grubu lehine anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p<.05$), (Tablo 45). Testteki 6 ve 7. sorular birbiri ile oldukça ilişkili olmasına rağmen birinde farklılık bulunurken diğerinde olmaması öğrencilerin Ohm Kanununu bildiklerini fakat bu kanunda yer alan akım, direnç ve potansiyel fark gibi kavramları birbirleri ile doğru olarak ilişkilendiremediklerini göstermektedir.

Kavram testindeki sekizinci soruda, direnç ve potansiyel fark arasındaki ilişkiyi açıklama açısından deney grupları lehine anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<.05$). (Tablo 46).

Kavram testindeki dokuzuncu soru, direnç ve elektrik enerjisi arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik olup Anadolu Lisesi-1 deney grubu haricinde diğer gruplarda anlamlı bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<.05$), (Tablo 48). Bu grup, sanal laboratuvar programını en aktif kullanan ve Ohm Kanununa en kısa zamanda ulaşan grup olmasına rağmen, elektrik enerjisini akım gibi düşündüklerini belirten açıklamalar yapmışlardır.

Kavram testindeki onuncu soru, elektrik enerjisi ile akım arasındaki ilişkinin belirlenmesine yöneliktir ve her iki okulun deney grupları ile birlikte Anadolu Lisesi-2 kontrol grubu öğrencilerinde de olumlu bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir ($p<.05$) (Tablo 48). Kontrol grubundaki bu farklılığın öğretmenden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kavram testindeki 11. soru, bir elektrik devresinde ampulün yanmasına neden olan faktörleri belirlemeye yöneliktir ve tüm deney ve kontrol gruplarında olumlu bir artışın olduğu görülmektedir ($p<.05$), (Tablo 49). Bir elektrik devresinde ampulün yanması için gerekli nesneler ve bunların bağlanma şekilleri ile ilgili sanal laboratuvar programlarında uygulama yapıldığı gibi, kontrol grubu öğrencilerine de ders materyallerinden ve öğretmenin sınıf içerisindeki anlatımına dayalı öğrenmenin sağlanması söz konusu olabilmektedir.

Kavram testindeki 12. soru, ampul ve üreteç arasındaki ilişkiyi belirlemeye yöneliktir ve deney grupları lehine anlamlı bir farklılık görülmesine rağmen ($p<.05$), sadece Anadolu Lisesi-1 kontrol grubu öğrencilerinde benzer bulgu belirlenmiştir. Anadolu Lisesi-2'nin kontrol grubunda anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (Tablo 50).

Kavram testindeki 13. soru, ampulün yanma esnasında devrede olan olaylar ve elektrik nesnelerini birbirine bağlayan kabloların faktörünü belirleme ile ilgilidir ve Anadolu Lisesi-2'de her hangi bir değişim gözlenmez iken, Anadolu Lisesi-1'in kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık belirlenmiştir ($p<.05$). Grupların ön test ve son test analizi sonuçları karşılaştırıldığında, ortalamaların genelde 2.5-3 arası değiştiğini görülmüştür. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu kablonun devredeki görevini belirtmektedir. Ayrıca bu soru, öğrencilerin bilgi düzeylerini ölçmek için ayırt edici olmadığından kullanılması gereksizdir denilebilir.

Kavram testindeki 14. soru, elektrik devresindeki ampulün yanma süresi ile ilgili olup, araştırmaya katılan tüm gruplarda anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ($p>.05$) (Tablo 52). Araştırmaya katılan öğrenciler, elektrik devresinde ampulün yanmasına etki eden faktörleri belirttikleri görülmektedir. Uygulama öncesi "pil bitene kadar ya da anahtar açılana kadar" ifadeleri fazla iken, uygulamalar sonrasında "elektrik devresi kapalı olursa",

“ampulün kaldıramadığı kadar akım gelirse ve fazla pil eklenip ampulü patlatana kadar” şeklinde ifadeleri olmuştur.

Kavram testindeki 15. soru, elektrik devresindeki yanan bir ampul üzerinde elektrik enerjisinin ne olduğu ile ilgili olup, Anadolu Lisesi-1’nde deney grubu lehine anlamlı bir farklılık görülürken, Anadolu Lisesi-2’de ise kontrol grubu lehine bir farklılığın olduğu belirlenmiştir (Tablo 53). Bu farklılığın Anadolu Lisesi-2’deki BT sınıfının ve bilgisayarların yetersiz olmasından, ayrıca öğrencilere yeterince sağlıklı bir çalışma ortamı sağlanamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kavram testindeki 16. soru, ampermetre ve voltmetrenin elektrik devresine doğru bir şekilde bağlanmasına ilişkin olup, özellikle voltmetre ile ilgili basamağında tüm gruplarda olumlu bir farklılık görülürken, deney grubu öğrencilerinin ortalamalarındaki artışın daha fazla olduğu görülmektedir ($p<.05$) (Tablo 54 ve 55). Ön testten elde edilen verilere göre öğrenciler çoğunlukla voltmetreyi yanlış bağlamış veya soruyu boş bırakmışlardır. Elektrik devresine ampermetrenin doğru olarak bağlanmasına ilişkin Anadolu Lisesi-1’ndeki tüm gruplarda anlamlı bir farklılık görülürken, Anadolu Lisesi-2 öğrencilerinde kontrol grubu lehine anlamlı bir farklılık belirlenmiştir (Tablo 54). Bu farklılığın BT sınıfındaki bilgisayarların ve sürenin yetersizliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kavram testindeki 17. soruda, öğrencilerin seri ve paralel bağlı elektrik devresi oluşturma ve analiz etmelerine yönelik olup, tüm çalışma gruplarında anlamlı bir farklılığın olduğu görülmektedir ($p<.05$) (Tablo 56 ve 57). Kontrol gruplarında, öğretmenler özellikle devre analizi sorularına ağırlık vermişlerdir. Teorik olarak yürütülen derslerde değişik seri ve paralel devre soruları çözülüp açıklanmıştır. Deney gruplarında ise, öğrencilerin kendileri değişik seri ve paralel devre kurup, voltmetre ve ampermetre bağlayarak analiz ederek öğrenmeye çalışmışlardır. Deney gruplarındaki öğretmenler, uygulama sürecinde çok fazla bir müdahale de bulunmamışlardır.

Sonuç olarak iki uygulama okulunun fiziki koşulları, öğretmenleri ve çalışma ortamları farklı olsa da, deney ve kontrol grupları arasında kavram testinden elde edilen sonuçların benzer olduğu görülse de bazı sorularda (1, 6, 9, 10, 12, 13, 15) farklılıklar tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgu, Anadolu Lisesi-1’deki öğrencilerin sanal laboratuvar programları ile daha fazla uygulama yapması, semboller ve isimler yerine gerçek şekiller ile ilgilenmesi, direncin işlevinden ziyade Ohm kanunun tanımına yoğunlaştığı görülmüştür. Anadolu Lisesi-2’deki teknik yetersizlikler ve daha kalabalık gruplar olması öğrencileri daha teorik olarak konuyu işlemelerini sağlamıştır. O nedenle bu grubun sonuçları, kontrol grupları ile daha fazla benzerlik göstermektedir. Uygulamalar 3 farklı Fizik Öğretmeni tarafından yürütüldüğünden öğretmenlerin dersi anlatış biçimindeki farklılıklar, konu içerisinde öne çıkardıkları alt başlıklar farklı olduğundan dolayı gruplar

arasında farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Genel anlamda sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline uygun hazırlanan çalışma ortamlarının ön test-son test, öğretim materyalleri, mülakat ve gözlem bulguları dikkate alındığında, öğrencilerin başarılarına ve motivasyonlarına olumlu etki sağlamıştır.

Öğrenciler çalışma yapraklarındaki "Değerlendirme" aşamasındaki soruları cevaplamada beklenen başarı elde edilememiştir. Önceki aşamalarda farklı elektrik devreleri oluşturup, analizleri oldukça kolay bir şekilde yapan öğrenciler, devre yerine farklı bir şekilde potansiyel farkın akıma oranı sorulduğunda, başarılı olamadıkları görülmüştür. Bu durum, aynı konuyu değişik şekillerde sorulduğundan öğrencilerde konunun tam olarak ilişkilendirilemediği ile açıklanabilir.

Sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak yürütülen uygulamalar hakkında iki farklı uygulama okulundan toplam sekiz öğrenciye uygulanan yarı yapılandırılmış mülakat verileri analiz edilmiştir. Tablo 58'deki verilere göre, öğrencilerin tamamı fizik dersini daha eğlenceli bulduklarını, günlük hayatla ilişkilendirebildiklerini, ampermetre ve voltmetrenin elektrik devresine doğru bir şekilde bağlandığını öğrendiklerini belirtmişlerdir. Anadolu Lisesi-1'deki öğrenciler, daha fazla uygulama yapabildiklerini ve farklı şekillerde devre tasarlayabildiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca sanal laboratuvar programında devre oluşturmada sorun yaşamadıklarını ifade etmişlerdir. Bu durumun oluşmasında okulun fiziksel olanakları ve uygulamalardaki akıcılığın etkili olduğu ifade edilebilir.

Tablo 83'deki veriler incelendiğinde olumlu görüşlerdeki öğrenci dağılımları hemen hemen aynı olmasına rağmen olumsuz görüşlerde, Anadolu Lisesi-2 öğrencileri çoğunluk oluşturmaktadır. Özellikle "*Grup çalışması yapmak zorunda kaldığımdan dolayı çekingen kaldım.*", "*Bilgisayarlar yetersizdi. Etkinliklere tam olarak katılamadım.*", "*BT sınıfındaki teknik sorunlardan dolayı, etkin bir şekilde ders yapamadık.*", "*Süre yetersizdi.*" şeklinde görüş bildirmişlerdir. Bu okuldaki BT sınıfının yetersiz olmasından dolayı eksik ve arızalı bilgisayarlardan dolayı oldukça sorun yaşayan öğrencilerde isteksizlik ve dikkat dağınıklığı görülmüştür.

5. 2. Araştırmanın İkinci Alt Problemi ile İlgili Tartışma

Araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9. sınıf öğrencilerinin "Basit Elektrik Devreleri" konusundaki kavramlarla ilgili zihinsel modellerini tespit etmeye yönelik olarak, Kavram Testinden, öğretim materyalinden ve mülakatlardan

elde edilen veriler irdelenmiştir. Elde edilen bulgulara ait tartışma sonuçları aşağıda sunulmaktadır:

1- Öğrenciler uygulamalar öncesi ve sonrasında farklı zihinsel modellere ve kavram yanılgılarına sahiptir (Tablo 81). Fakat uygulamalar sonucunda, yanlış zihinsel model ve kavram yanılgıları sayısında azalma olduğu tespit edilmiştir.
2- Öğrencilerin birden fazla zihinsel modele sahip olması onların kavram yanılgısı ya da kavram kargaşası içinde olduğunu göstermektedir (Tablo 79-80).
3- Öğrencilere uygulamalar öncesinde yapılan testte boş bırakılan soru sayısının fazla olması, elektrik gibi soyut bir kavramın yeterince öğrenilemediği ve kalıcı bir öğrenme sağlanamadığını göstermektedir. Elde edilen bu veriler, "2.4.1.Elektrik Konusu İle İlgili öğrenci Algılamaları" ve "2.4.2.Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Gerekçeleri" bölümlerinde belirtilen çalışmalar ile uyumludur.
4- Öğrenciler elektrik devreleri ile ilgili birçok kavram yanılgısına: "*Tek kutuplu model*", "*Azalan akım*", "*Paylaşılan akım*", gibi sahiptirler. Elde edilen bu bulgu, Kumaş'ın (2015) çalışması ile uyumluluk göstermektedir.
5- Uygulama öncesi bilimsellikten uzak ve çok farklı zihinsel modellere sahip olunması, öğrencilerin kavramları doğru olarak bilmediklerini göstermektedir (Tablo 90). Özellikle '*Kapalı devre modeli'*, '*Azalan akım modeli*', '*Paylaşılan akım modeli*' gibi zihinsel modellerin fazlalığı dikkat çekmektedir. Uygulama sonrası '*Ohm modeli*'ne sahip öğrenci sayısında artış olsa da '*Deneysel kural modeli*' haricinde diğer modellerin yok olmadığı görülmüştür.
6- 'Uygulamalar öncesinde '*Kapalı devre modeli'*, '*Azalan akım modeli'*, '*Sıra modeli*' gibi modellere sahip öğrencilerin sayısı, uygulamalar sonucunda diğer modellere göre daha fazla azalmıştır (Tablo 81).
7- Öğrenci verilerinden elde edilen bulgular doğrultusunda, "*Eşitlik Modeli*" ve "*Korunan Gerilim Modeli*" olmak üzere iki yeni model belirlenmiştir.
    - Eşitlik Modeli: Bu modele sahip öğrenciler tüm devrelerde akım, potansiyel farkın eşit olduğuna inanırlar. Devreye eklenen direnç ve lamba sayısından bağımsız olarak ampermetre ve voltmetre ile ölçülen değerin aynı olduğunu düşünürler.
    - Korunan Gerilim Modeli: Bu modele sahip öğrenciler bir elektrik devresindeki tüm devre elemanlarının aynı potansiyel farka sahip olduğunu düşünür. Devre elemanlarının seri ve paralel bağlı olmasına bakılmadan hepsinde aynı gerilim olduğuna inanır.

8- Sanal laboratuvar programları ile oluşturulan deney düzenekleri, öğrencilerin neler düşündüklerinin hatta sahip oldukları zihinsel modellerini belirlemede kullanılmıştır. Ayrıca öğrencilerin sahip oldukları kavramları anlamada ve bunların zamanla nasıl değiştiğini takip ederek açıklama imkânı sunması açısından oluşturulan modeller yardımcı olmuştur (Jabot ve Henry, 2004). Yapılan çalışmalar bireyin bilişsel yeteneklerini ne ölçüde geliştirebildiğini değerlendirme fırsatı sunmaktadır (Ünal ve Ergin, 2006; Vosniadou, 1994).
9- Öğrencilerin sahip olduğu zihinsel modeller, '2.4.2.Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Gerekçeleri' bölümünde belirtilen kadar çok çeşitlilik göstermemektedir. Daha çok belirli modeller (Azalan akım, ohm modeli, paylaşılan akım gibi) ön plana çıkmaktadır. Bu da Kumaş'ın (2015) çalışması ile uyumluluk göstermektedir.
10- Uygulamalar sonrasında deney gruplarından 8 istekli öğrenci ile yürütülen yarı yapılandırılmış mülakatlar neticesinde, 'Ohm modeli'ne sahip olan öğrenci sayısı fazla olsa da; 'Azalan akım modeli', 'Paylaşılan akım modeli', 'Korunan akım modeli' ve 'Sıralı model'e de sahip öğrencilerin olduğu görülmektedir. Yapılan tüm çalışmalar sonucunda öğrencilerde hala yanlış zihinsel modele sahip oldukları belirlenmiştir. Bu durum uygulamalar boyunca yaşanan teknik aksaklıklar, bulundukları grup içerisindeki tavır ve ön bilgilerine olan inancından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Öğretim sürecine yönelik ölçme ve değerlendirmede kullanılacak en önemli yardımcı materyaller yazılı kaynaklardır. Bilgisayar ortamında tasarlanan ve kullanıcının serbestçe hareket edebileceği bu bilgisayar programlarında gerçek bir ölçme değerlendirme yapmak zordur (Teodoro, 1998). Fakat bu tür programlar ile oluşturulan uygulama dosyaları ile öğrencilerin zihinsel modellerini belirleyerek değerlendirme yapmak mümkün olabilmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemede bu tür programlar alternatif bir teknik olarak kullanılabileceği sonucu doğmuştur.

5. 3. Araştırmanın Üçüncü Alt Problemi ile İlgili Tartışma

Bu bölümde araştırmanın üçüncü alt problemi kapsamında; sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9. sınıf öğrencilerinin "Basit Elektrik Devreleri" konusuyla ilgili alternatif fikirlerin giderilmesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesine yönelik olarak uygulanan Kavram Testinden ve öğrenci çalışma kâğıtlarından elde edilen bulgular irdelenmiştir.

1- Öğrenciler, uygulama öncesinde ve sonrasında birçok alternatif fikre sahip oldukları görülmüştür. Uygulama sonrası tespit edilen alternatif fikirlerin sayısında artış olmasının nedeni, ön testteki birçok soruyu boş bıraktıklarından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, ilköğretimden itibaren çeşitli kademelerde elektrik konusunu görmelerine rağmen, yeterli düzeyde öğrenmedikleri sonucunu doğurmaktadır. Lise düzeyine gelen birçok öğrenci, iyi okullarda eğitimine devam etseler de bu konu ile ilgili çok fazla eksik ve yanlış bilgiye sahip olduklarını göstermektedir.
2- Uygulama sonucunda doğru zihinsel modele sahip olan öğrenci sayılarında artış olsa da; kavram testi, çalışma kâğıtları, sanal laboratuvar dosyaları ve mülakat verileri incelendiğinde öğrencilerin alternatif fikirlerinin olduğu ve değiştiği tespit edimiştir.
3- Sanal laboratuvar programları ile görsel ortamda yapılan uygulamalar, öğrencilerin öğrenilen konuyu gerçek yaşamla ilişkilendirebilmelerini sağlamıştır. Bu durum, Bozkurt'un (2008) ve Özdener ve diğerlerinin (2005) yaptıkları çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.
4- *Direnç akımı yavaşlatır'*, '*Pile en yakın lamba yanar*' gibi alternatif fikirlere sahip olan öğrenci sayısı, uygulamalar sonunda azalsa da tamamen yok edilemediği belirlenmiştir.
5- Öğrencilerin sahip olduğu alternatif fikirler '2.4.2.Elektrik Konusu İle İlgili Öğrenci Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Çalışmaların Gerekçeleri' bölümünde belirtilen kadar çok çeşitlilik göstermemektedir. Yapılan uygulamalar öğrencilerin Tablo 79 ve Tablo 80'de belirtilen fikirler üzerinde şekillendiğini göstermektedir.

5. 4. Araştırmanın Dördüncü Alt Problemi İle İlgili Tartışma

Araştırmanın dördüncü alt problemi, deney ve kontrol grubu öğrencileri arasındaki basit elektrik devreleri ile ilgili sahip olunan zihinsel modelleri karşılaştırmaya yöneliktir. Bu kapsamda, uygulamaya katılan deney ve kontrol gruplarının zihinsel modellerine ait bulgular Tablo 79 ve Tablo 80'de gösterilmiştir. Deney grubu ve kontrol grubu öğrencileri arasındaki farkın fazla olmadığı ve benzer sonuçların çıktığı görülmektedir. Kontrol grubunda bulunan öğrenciler klasik yöntemle çok daha fazla soru türü çözebildiklerinden dolayı konuyu öğrenebildikleri belirlenmiştir. Frekans sayısını grup sayısına oranladığımızda, zihinsel model sayısı kontrol grubundaki öğrenciler için daha fazla olmaktadır. Bir öğrenci birden fazla zihinsel modele sahip olması, aslında konuyu tam

olarak öğrenemediği ve analiz edemediğini göstermektedir (Demirezen ve Yağbasan, 2013).

Deney grubundan 26 öğrenci 'Ohm modeli'ne sahip iken, kontrol grubunda 19 öğrencinin sahip olduğu görülmektedir (Tablo 89). Elde edilen bu sonuç, deney grubu öğrencilerinin konuyu daha iyi anladıklarını göstermektedir. Kontrol grubu öğrencilerinde, '*Paylaşılan akım modeli*', '*Kapalı devre modeli*', '*Korunan akım modeli*', '*Sabit akım kaynağı modeli*', '*Azalan akım modeli*', '*Azalan potansiyel fark modeli*' ve '*Sıra modeli*'nin deney gruplarına göre daha fazla olduğu belirlenmesine rağmen; 'Eşitlik modeli'ne sahip öğrenci sayısı deney grubundan daha fazladır. Ayrıca her iki grupta da boş cevap veren öğrenci olmaması, konuyla ilgili en az bir alternatif kavram ve modele sahip olduklarını işaret etmektedir.

Literatürde olupta, araştırmada tespit edilemeyen zihinsel modeller şunlardır: Çarpışan akımlar modeli, Kısa devre önyargısı, Tek kutuplu model, Zaman bağımlı model (Asami ve diğ., 2000; Ateş, 2005; Ateş ve Polat, 2005; Azaiza ve diğ., 2006; Chambers ve Andre, 1997; Galili ve diğ., 2011; Heller ve Finley, 1992; İpek ve Çalık, 2008; Jaakkola ve Nurmi, 2008; Jabot ve Henry, 2004; Kärrqvist, 1985; Küçüközer, 2003; Osborne, 1983; Pardhan ve Bano, 2001; Sencar ve diğ., 2001; Shepardson ve Moje, 1994; Shipstone, 1984; Sangam ve diğ., 2011; Testa ve Michelini, 2006).

5. 5. Araştırmanın Beşinci Alt Problemi İle İlgili Tartışma

Araştırmanın beşinci alt problemi, sanal laboratuvar programı destekli interaktif fizik ders materyalleri ve programın uygulanabilirliği hakkında öğretmenlerin ve öğrencilerin görüşlerini belirlemeye yöneliktir. Bu kapsamda örneklemdeki öğretmen ve öğrencilerin görüşleri ile birlikte gözlem bulguları da irdelenmiştir.

Örneklemdeki öğretmenler, derslerde kendileri konu anlatmışlardır. Geleneksel yöntemlerin dışında olan bu uygulama konusunda başlangıçta oldukça ilgisiz ve isteksiz davranmışlardır. Kendi yöntemlerinin daha uygun olduğunu savunan öğretmenler ile çalışılırken, onları ikna etmek durumunda kalınmıştır. Uygulamalara katılan fizik öğretmenlerinin bilgisayar laboratuvarlarında ders işleme konusundaki tecrübesizlikleri, teknik sorunlar karşısında yetersiz kalmalarından dolayı bu tür çalışmalarda mutlaka ikinci bir teknik öğretmenin bulunması gerektiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca fizik öğretmenlerinin bu sınıflardaki hâkimiyeti azalmıştır.

Öğretmenlerin kullanabilecekleri öğrenci merkezli ve gündelik yaşam ile ilişkilendirebilecekleri nitelikli rehber materyaller sunulmalıdır. Sınav maratonuna alışık olan öğretmen ve öğrenciler için testler, çoktan seçmeli sorular, semboller konunun

anlaşılmasından çok daha önemli görünmektedir. Bu nedenle öğretmenlerin rehber materyallerden çok, test kitapları kullanarak derslerini uyguladıkları görülmüştür. Öğrencilerin keşfederek ve araştırma yaparak öğrenmelerini beklemeye alışık olmayan aceleci bir öğretim programı uygulanmaktadır. Ayrıca FATİH projesindeki sanal laboratuvar programları ile ders işleme ortamının oluşturulması uyumluluk gösterirken, akıllı tahta ve tablet kullanımının aktif olarak kullanılmadığını görmekteyiz. Öğrenciler ilk aşamada ilgisiz kalsalarda daha sonraları uygulamalara alışmışlardır. Test soruları çözemediklerinden dolayı eleştiri yapsalarda konuyu daha anlaşılır ve güncel hayatla ilişkili bulmuşlardır.

5. 5. 1. Öğretmenler İle Yürütülen Mülakatlardan Elde Edilen Bulgulara Yönelik Tartışma

Elektrik konusuyla ilgili olarak kullanılması planlanan sanal laboratuvar programlarının matematiksel formüller ve analizler içermesi gerekmektedir. Böylelikle öğrenci kendi modelini hem görsel olarak oluşturabilmekte ve sonuçlandırmakta hem de matematiksel sonuçlarını görerek analiz edebilmektedir. Bu durum, öğrenciler için kavram yanılgılarını düzeltmede, öğretmenler için de öğrenciyi değerlendirmede faydalı olmaktadır. Elde edilen bu sonuç Michelet ve diğerlerinin (2007) yaptıkları çalışma sonuçlarını destekler niteliktedir.

Sanal laboratuvar programlarının kullanıcıya belirli kalıplar doğrultusunda uygulama yapma imkânı sunması yerine, açık kaynak kodlu olup kullanıcıya özgürce çalışma imkânı sunması gerekmektedir. Bu sonuç, Baser (2006) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile de uyum içindedir. Uygulamalar sırasında teknik sorunlar ile karşılaşıldığından, öğretmen ve öğrencilerin sanal laboratuvar programlarını kullanım sürecinde sorun yaşamamaları için gerekli teknolojik alt yapının düzenlenmesi gerekmektedir. Sanal laboratuvar programlarının tamamıyla gerçek fizik laboratuvar programlarının yerini almaktan ziyade, gerçek fizik laboratuvar programına bir destek olarak kullanılması gerekmektedir. Bu sonuç, Kukkonen ve diğerleri (2009) ve Tanel ve Önder (2010) tarafından da desteklenmektedir.

Öğretim sürecine yönelik ölçme ve değerlendirmede kullanılacak en önemli yardımcı materyaller, yazılı kaynaklardır. Bilgisayar ortamında tasarlanan ve kullanıcının serbestçe hareket edebileceği bu bilgisayar programlarında gerçek bir ölçme değerlendirme yapmak zordur. Fakat bu tür programlar ile oluşturulan uygulama dosyaları ile öğrencilerin zihinsel modellerini belirleyerek değerlendirme yapmak mümkün olabileceği görülmüştür (Tablo 82). Teodoro'nun (1998) yapmış olduğu çalışmada, bu görüşü destekler niteliktedir.

5. 5. 2. Öğrenciler İle Yürütülen Mülakatlardan Elde Edilen Bulgulara Yönelik Tartışma

Sanal laboratuvarlar, öğrencilerin öğretilen konu ile gerçek olaylar arasındaki ilişkiyi anlamalarını sağlamıştır. Öğrencilerin derse ilgi ve merakını arttırmış ve eğlenceli kılmıştır. Özellikle şekillerin gerçeği yansıtması, ses ve görsel efektlerin olması ilgilerini çekmiştir. Bu sonuç, Arvind ve Heard'ın (2010) çalışmalarını destekler niteliktedir. Fizik dersine karşı ön yargıları kaldırmak ve öğrencileri motive etmek amacıyla bu tür programlara derslerde daha fazla yer verilmelidir.

Sınıfın kalabalık olması ve bilgisayar yetersizliğinden dolayı gruplar halinde uygulama yapmak zorunda kalmalarının, bazı öğrencilerin tam olarak etkinlikleri yapamamalarına neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca birçok öğrencinin yapılan uygulamaları vakit kaybı olarak görmesi, üniversite sınavı için soru çözmeleri gerektiği konularında görüş bildirmeleri olumsuz yorumlar arasındadır (Tablo 83).

5. 5. 3. Gözlemlerden Elde Edilen Bulgulara Yönelik Tartışma

Öğrenme ve öğretme faaliyetlerinin analizi yapılırken öğretmen ve öğrencilerin hazır bulunuşluluk, önceki bilgi ve tecrübeleri, ilgi gibi bilişsel faktörlerin yanında; fiziki koşullar, öğrenme ortamının daha ilgi çekici ve eğlenceli bir hale getirilmesi, öğrencinin seviyesine ve hedeflerine uygun ders anlatımı yapılması önemli etkenlerdir. Uygulamalar boyunca BT sınıflarında çeşitli teknik sorunlar yaşansa da en fazla sorun Anadolu Lisesi-2'de yaşanmıştır. Ayrıca burada bilgisayar sayısının az olması öğrencilerin 2 ve 3'lü gruplar halince çalışmalarına neden olmuştur. Bu nedenle bazı öğrencilerde isteksizlik görülmüştür.

Uygulamaya katılan öğretmenlerin ilk aşamalarda BT sınıfında ders yürütmedeki tecrübesizlikleri, isteksizlikleri ve endişeleri olduğu gözlemlenmiştir. Fakat uygulamaların ileriki aşamalarında olumsuz tavırları azalmış ve sonunda da memnuniyetlerini belirtmişlerdir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde yapılan uygulamalardan elde edilen bulgular ve yapılan irdelemeler neticesindeki sonuçlar ve öneriler sunulmaktadır.

6. 1. Sonuçlar

Bu bölümde sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline uygun öğrenci ve öğretmen rehber materyalinin tasarlanması ve uygulanmasından elde edilen sonuçlar, araştırmanın alt problemlerine dayalı olarak sunulmuştur.

6. 1. 1. Birinci Alt Problemle İlgili Sonuçlar

Sanal laboratuvar programı destekli interaktif fizik ders materyallerinin ve programın 9. sınıf öğrencilerinin basit elektrik devreleri konusunu öğrenmeleri üzerindeki etkisi ile ilgili sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır:

1. Fizik öğretiminde sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline uygun olarak geliştirilen öğretim materyali ile yapılan uygulamaların, öğrencilerin akademik başarılarına olumlu bir etkisi bulunduğu belirtilebilir (Tablo 34-35).
2. Sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline uygun olarak geliştirilen interaktif öğrenme ortamlarının, fizik konularının görselleştirilerek gerçek hayatla bütünleştirilmesini ve öğrencilere daha fazla uygulama imkânı sunarak derse karşı motivasyonlarının ve yaratıcılıklarının arttırılmasına katkı yaparak dersi eğlenceli hale getirdiği için fizik öğretiminde etkili bir öğrenme sağladığı ön plana çıkmaktadır (Tablo 34-57, Tablo 82-83 ve Tablo 84-88).
3. 7E öğretim modelinin “Merak uyandırma” ve “İlişkilendirme” aşamalarında günlük hayattan örnekler kullanılması, fizik öğretiminde öğrencilerin derse daha istekli ve severek katılmalarına katkıda bulunduğu belirtilebilir.
4. Öğrencilerin sanal laboratuvar programları ile oluşturdukları deney düzenekleri, sahip oldukları kavramları anlama ve bunların zamanla nasıl değiştiğini takip ederek açıklama imkânı sunma açısından değerlendirme olanağı sağlamıştır. Öğretmenler böylelikle öğrencilerin oluşturdukları dosyalardan, devre analizlerini nasıl yaptıklarını ve hangi devre elemanları hakkında bilgi sahibi olduklarını takip edebilmişlerdir.

5. 7E öğretim modeline göre hazırlanan öğrenci çalışma yapraklarının son aşaması olan “Değerlendirme” basamağındaki sorulara bazı öğrencilerin istenilen düzeyde cevap verememelerinin, grafik çizimden ziyade elektrik devresi oluşturmaya yönelik uygulamaları yeterince ilişkilendirmemelerinin sonucu oluştuğu belirtilebilir (Ek 16).
6. Fizik öğretiminde sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline uygun olarak yenilikçi teknolojilerin kullanılması, öğretmenlerin ilgilerini çekmelerine rağmen sürekli kullanma konusunda çekimser kaldıkları sonucuna varılmıştır (Tablo 82.)
7. Sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline uygun olarak geliştirilen uygulamalar kapsamında, seri ve paralel bağlı devreleri çizip, özelliklerini ifade etme boyutunda öğrencilerin, özellikle paralel devreyi doğru çizip açıklama ve ampermetre ve voltmetreyi devreye doğru bağlama becerilerinin geliştiği sonucuna varılmıştır.
8. Fizik öğretiminde sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak geliştirilen uygulamalarda, öğretmenlerin ders yürütme yöntemi ve okulun fiziksel koşulları öğrencilerin akademik başarılarını etkilemektedir (Tablo 48, Tablo 50 ve Tablo 57).

6. 1. 2. İkinci Alt Problemle İlgili Sonuçlar

Sanal laboratuvar programı destekli interaktif fizik ders materyallerinin ve programın 9. sınıf öğrencilerinin “Basit Elektrik Devreleri” konusundaki kavramlarla ilgili zihinsel modelleri üzerindeki etkilerine ilişkin sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır:

1. Sanal laboratuvar programı destekli interaktif fizik ders materyallerine yönelik 9. sınıf öğrencilerinin “Basit Elektrik Devreleri” konusundaki kavramlarla ilgili farklı zihinsel modellere sahip oldukları ve bu modeller yürütülen uygulamalar ile doğru yönde değişse de tamamen yok edilemediği sonucuna varılmıştır (Tablo 77).
2. Öğrencilerin ön zihinsel modellerinin bilimsel modellerden çok uzak olması, önceki öğretim düzeylerinde bu konuda büyük ölçüde öğrenme eksikliklerinin olduğunu ön plana çıkarmaktadır (Tablo 77 ve Tablo 81).
3. Sanal laboratuvar programı destekli interaktif fizik ders materyallerine yönelik 9. sınıf öğrencilerinin “Basit Elektrik Devreleri” konusundaki uygulamaları sonucunda; en çok “Kapalı devre modeli”, “Azalan akım modeli”, “Sıra Modeli”, “Eşitlik Modeli”, “Sabit akım kaynağı modeli”, “Deneysel kural modeli”, “Korunan

gerilim modeli" gibi modellerde azalma meydana gelmiştir. Literatürde en sık karşılaşılan bu modellerin azaltılmasında hatta yok edilmesinde sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeli ile yapılan uygulamalar etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 77).

4. Sanal laboratuvar programı destekli interaktif fizik ders materyallerine yönelik 9. sınıf öğrencilerinin "Basit Elektrik Devreleri" konusunda sahip olduğu zihinsel modeller, literatürde belirtilen kadar çok çeşitlilik göstermemektedir. Daha çok belirli modeller (Azalan akım, ohm modeli, paylaşılan akım gibi) ön plana çıkmaktadır (Tablo 77).
5. "Basit Elektrik Devreleri" konusu ile ilgili literatürde belirtilen ancak öğrencilerin büyük bir çoğunluğunda artık görülmeyen; Tek kutuplu, Çarpışan akım, Zaman bağımlı, Çift kutuplu, Karşı akımlar, Atlayan akım, Sentez, Sürekli olmayan akım, Hareketli yükler, Akışkan elektrik ve Bölgesel düşünme zihinsel modellerinin mevcut olduğu sonucuna varılmıştır.

6. 1. 3. Üçüncü Alt Problemle İlgili Sonuçlar

Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9. sınıf öğrencilerinin "Elektrik" konusuyla ilgili alternatif fikirlerinin giderilmesine yönelik sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır:

1. Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme ortamlarının, 9. sınıf öğrencilerinin "Elektrik" konusuyla ilgili "Elektrik", "akım", "potansiyel fark", "direnç" ve "üreteç" gibi kavramları karıştırmaktadırlar.
2. Öğrencilerin uygulama öncesi daha fazla alternatif kavrama sahip olmaları ve birçok soruyu cevapsız bırakmaları, önceki öğretim dönemlerinde konuyu yeterli düzeyde öğrenememiş olduklarını ön plana çıkarmaktadır.

6. 1. 4. Dördüncü Alt Problemle İlgili Sonuçlar

Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme uygulamalarına katılan öğrenciler ile bu eğitime katılmamış öğrencilerin zihinsel modelleri arasında farkları belirlemeye yönelik sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır:

1. Araştırma kapsamında interaktif öğrenme uygulamalarına katılan öğrencilerin zihinsel modellerindeki artışın bu eğitime katılmamış öğrencilere göre daha fazla olması, sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline dayalı oluşturulan

öğrenme ortamlarının öğrencilerin zihinsel modelleri üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

2. Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme uygulamalarına katılan öğrencilerin zihinsel modellerindeki farklılık sayısının azalması, yürütülen uygulamaların öğrencilerin birden fazla zihinsel modele sahip olmalarını engelleyici bir faktör olduğunu ön plana çıkarmaktadır (Tablo 81).
3. Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı olarak oluşturulan interaktif öğrenme uygulamalarının öğrencilerin, “Azalan potansiyel fark”, “Eşitlik” ve “Korunan gerilimi” zihinsel modellerinin düzeltilmesinde yetersiz kalmasına rağmen diğer (paylaşılan akım, kapalı devre, sabit akım kaynağı, azalan akım, sıra ve deneysel kural) modellerin düzeltilmesinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 81).

6. 1. 5. Beşinci Alt Problemle İlgili Sonuçlar

Sanal laboratuvar programı destekli interaktif fizik ders materyallerinin ve programın uygulanabilirliği hakkında öğretmenlerin ve öğrencilerin görüşleri, öğrenci çalışmaları ve gözlemlerden elde edilen bulgulara dayalı ulaşılan sonuçlar aşağıdaki başlıklar altında belirtilmiştir.

Öğretmenler ile Yürütülen Mülakat Bulgularından Elde Edilen Sonuçlar

Araştırmaya katılan tüm öğretmenler sanal laboratuvar destekli bir öğretim ortamından öğrencilerin de memnun kalacağını ve daha kalıcı bir öğrenme sağlayacaklarını belirtmelerine rağmen, sürenin yetersiz oluşu ve bu konudaki bilgi ve tecrübelerinin eksik olmasından dolayı alıştıkları yöntemleri uygulayacaklarını belirtmişlerdir.

Öğretmenlerin etkinliklerde aktif rol almak için pek istekli olmadıklarını, uygulama sürecine ve materyale alıştıktan sonra görüşlerinin değiştiğini görmekteyiz (Tablo 90). Bu durumun, öğretmenlerin alışık olmadıkları bir ortamda ders vermelerinden ve bilgisayarlar konusunda yetersiz olmalarından kaynaklandığı söylenebilir. Yapılan mülakatlarda ayrıca, fizik öğretmenlerinin sanal laboratuvar programlarını ders içerisinde nasıl kullanacakları ve öğrencileri nasıl yönlendirecekleri konusunda bilgi ve tecrübeye sahip olmadıkları tespit edilmiştir. Bu nedenle, geliştirilen öğretmen rehber materyali oldukça ilgilerini çekmiştir.

Öğretmenlerin, yapılan uygulamaların, öğrencilerin öğrenmeleri üzerindeki etkisi ile ilgili diğer görüşleri aşağıda sunulmaktadır:

- Sanal laboratuvar programları, fizik öğretiminde sık kullanılan bir yöntem değildir.
- Liselerde görev yapan fizik öğretmenleri, sanal laboratuvarlar ve farklı öğrenme yöntemleri konusunda yeterli düzeyde bilgiye sahip değildirler.
- Sanal laboratuvar programları, öğrencilerin ilgilerini ve motivasyonlarını arttırmaktadır.
- Bu tür uygulamalar yapmak için ders süreleri yetersizdir. Ayrıca öğretmenler, elektrik konusunu geleneksel yollarla da iyi öğretebildiklerini düşünmektedirler.
- Sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeli ile gerçekleştirilen uygulamalarda öğrenciler gerçek hayatla fizik dersini ilişkilendirebilmişlerdir.
- Deney grupları ile gerçekleştirilen uygulamalar boyunca öğrenciler farklı devre kurup verileri analiz edebildiklerinden daha etkili bir öğrenme ortamına sahip olunmuştur.
- Gerçekleştirilen uygulamalar boyunca güvenli bir öğretim ortamı sağlanmıştır.
- Sanal laboratuvar destekli interaktif öğrenme ortamları, geleneksel öğrenme ortamlarına göre kontrolü daha zor olduğundan daha fazla çaba göstermek gerekmektedir. Özellikle teknik destek konusunda bir asistana ihtiyaç duyulmaktadır.
- Araştırma sonucunda sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı öğretmen rehber materyali, öğrenci uygulamaları ve değerlendirme açısından örnek bir çalışma sunulmuştur (Ek 3).

Öğrenci Mülakat Bulgularından Elde Edilen Sonuçlar

Araştırmaya katılan öğrenciler ile yürütülen mülakat bulgularına dayalı olarak ulaşılan sonuçlar aşağıda sunulmaktadır:

- Sanal laboratuvar ortamında yapılan uygulamalardan öğrenilen bilgileri gerçek hayata uyarlayabilmektedirler.
- Sanal laboratuvar programlarındaki görselliğin yanında eğlenceli ses efektlerinin olması, ortaöğretim öğrencileri için etkili olmaktadır.
- Sanal laboratuvar ortamında yürüttükleri uygulamalar ile konu daha anlaşılır olmuştur.
- Sınıfın kalabalık olması ve bilgisayar yetersizliğinden dolayı gruplar halinde uygulama yapmak zorunda kalmaları, bazı öğrencilerin tam olarak etkinlikleri yapamamalarına neden olmuştur.

- Öğrencilerin çalışma ortamları, bilgisayar ve teknik donanımlar, öğretmen faktörleri konunun öğrenimi üzerinde etkilidir.

Öğrenci Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar

Öğrenci çalışma yaprakları ve bilgisayarlara kayıt edilen dosyalardan elde edilen bulgulara dayalı sonuçlar aşağıda sunulmaktadır:

- Sanal laboratuvar programları ile oluşturulan deney sayısı ve çeşitliliği beklenenden daha fazladır.
- Teknik donamı daha iyi olan Anadolu Lisesi-1'deki her bir grup için ortalama 5-6 deney dosyası oluşturulurken, teknik olarak yetersiz Anadolu Lisesi-2'de dosya sayısı ortalama 2-3 civarında olmuştur.
- Deney grupları ile gerçekleştirilen uygulamalar boyunca öğretmenlerin ve öğrencilerin gerçekte fizik laboratuvarında yapılamayacak kadar çok fazla deney yapma imkânlarına sahip olmuşlardır. Ders içerisinde tasarlanan ve ölçme yapılan elektrik devre sayısı ve çeşidi artmıştır.
- Sanal laboratuvar programı ile oluşturulan dosyalardan, öğretmenler öğrencilerini değerlendirebilme imkânına sahip olmaktadırlar.

6. 2. Öneriler

Araştırma sonuçlarına dayalı olarak "fizik öğretmenleri", "program geliştirme uzmanları" ve "ders kitabı yazarları" ile "araştırmacılara" yönelik sunulan öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

6. 2. 1. Fizik Öğretmenlerine Yönelik Öneriler

Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline göre yürütülen uygulamalardan ve araştırmacının süreç gözlemlerinden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak, liselerde görev yapan fizik öğretmenlerine yönelik sunulan öneriler aşağıda sıralanmıştır:

1. Yapılandırmacı öğrenme kuramı kapsamında sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeline göre geliştirilen ve uygulanan materyallerin, 9. sınıf öğrencilerinin elektrik konusunda öğrenci başarısını artırıcı ve zihinsel modellerinin olumlu etkisi dikkate alınarak fizik öğretim sürecindeki konularda bu tür uygulamalara yer verilmelidir.

2. Sanal laboratuarların öğretim programındaki konu ve kazanımları tam olarak kapsayıcı özellik taşımaması ve ortaöğretim öğrencileri için kullanışlılık özeliklerinin yetersiz olması nedeni ile fizik öğretiminde sanal laboratuvar programı seçilirken, okulun fiziksel koşulları, öğrenci seviyesi ve hedeflenen konuya uyumluluk durumu dikkate alınmalıdır.
3. Eğitim-öğretim etkinliklerinde günlük yaşamdan örnek olaylar ve gerçekçi görsellikler içeren sunumlar ile fizik dersinin anlaşılma zorluğunu azaltma çabasına girilmelidir.
4. Sanal laboratuvar uygulamaları esnasında, öğrencilere görevler verilerek, yönlendirmelerde bulunulabilir. Fakat bu yönlendirmeler tüm dersi kapsamamalı, öğrencilere sanal laboratuvar kullanarak uygulama yapabilecekleri serbest zamanlar bırakılmalıdır.
5. Fizik öğretim programındaki kazanımlara yönelik soyut kavramlar, görsel, işitsel ve uygulamaya yönelik simülasyon ve sanal laboratuvar programları kapsamında uygulanmalıdır.
6. Öğretim Materyalindeki “Değerlendirme” bölümündeki sorulara öğrencilerin beklenilen cevapları veremedikleri dikkate alınarak bu bölümdeki sorular geliştirilerek değiştirilebilir.
7. Teknik alt yapı ve planlama yetersizliğinin yürütülen uygulamaların veriminin düşmesine neden olduğu dikkate alınarak uygun programı seçme, deney uygulama süreçlerini önceden titizlikle planlayarak öğrenme ortamı oluşturma konusunda öğretmenler bilinçli olmalıdır.
8. Sanal laboratuvar programları ve öğretim modelleri, öğretmenler ve öğrenciler tarafından pek takip edilmediği dikkate alınarak sanal laboratuvar uygulamaları öncesinde öğrenciler dersin hedefleri, yapılacak etkinlikler ve işleniş biçimi hakkında bilgilendirilmelidirler. Ayrıca, öğretmen ve öğrencilere sanal laboratuvar programının kullanışlılık eğitimi verilerek, programda gördükleri ve tasarladıkları ortamların, gerçeğin daha basite indirgenmiş biçiminde olduğu belirtilmelidir.
9. Fizik öğretmenleri, görev yaptıkları okullarda bulunan Bilişim Teknolojileri sınıflarındaki bilgisayarlara sanal laboratuvar programı yüklenmesi sağlanarak, Bilişim Teknolojileri Formatör öğretmenleri ile işbirliği içerisinde olmalıdır.
10. Öğretmenler, fizik sanal laboratuvar programlarının kullanımı, ders ile bütünleştirilmesi ve öğrencilerin programı kullanarak yaptıkları çalışmalar hakkında bilinçli olmalarını sağlamak için, hizmet içi eğitimlerde sanal laboratuvarlar konusuna da yer verilmelidir.

11. Öğretmenlerin fizik öğretiminde sanal laboratuvar programlarının uygulamalarına yönelik hedeflere beklenen düzeyde ulaşabilmeleri için, sanal laboratuvar programlarının kullanımı, ders ile bütünleştirilmesi ve öğrencilerin programı kullanarak yaptıkları çalışmaları değerlendirme konularında bilinçli olmaları sağlanmalıdır.
12. Sanal laboratuvar programlarının tamamıyla gerçek fizik laboratuvar programlarının yerini almaktan ziyade gerçek fizik laboratuvar programına bir destek olarak kullanılmaları benimsenmelidir.
13. Sanal laboratuvarlar, öğrencilerin akademik başarı, derse karşı motivasyon ve ilgisini arttırması dikkate alınbarak öğretim sürecindeki kullanım düzeyi arttırılmalıdır.

6. 2. 2. Program Geliştirme Uzmanları ve Ders Kitapları Yazarlarına Yönelik Öneriler

Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline göre yürütülen uygulamalardan elde edilen sonuçlar dikkate alınarak, program geliştirme uzmanları ve ders kitapları yazarlarına yönelik sunulan öneriler aşağıdaki maddeler halinde sıralanmıştır:

1. Yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı olarak 7E öğretim modeline göre sanal laboratuvar destekli geliştirilen ve uygulanan materyallerin; elektrik konusunun öğretiminde öğrenci başarısını arttırma, doğru zihinsel modelleri oluşturma ve fizik dersine karşı olumlu görüş oluşturma özellikleri dikkate alınarak, fizik öğretiminde sanal laboratuvar destekli 7E öğretim modeli çerçevesindeki uygulamalara yer verilmelidir.
2. Fizik öğretiminde 9. sınıf öğrencilerinin “Basit Elektrik Devreleri” konusundaki sanal laboratuvar programlarının; kavramları somutlaştırma, görselleştirme, günlük yaşamla ilişkilendirip öğrenciye uygulama imkânı sağlama gibi özellikleri dikkate alınarak benzer uygulamalar tasarlanabilir.
3. Sanal laboratuvar programı destekli 7E öğretim modeline dayalı yürütülen uygulamalara yönelik fizik öğretmenlerinin mesleki beceri gelişimlerine katkıda bulunmak için güncel sanal laboratuar programlarına uygun öğretmen kılavuz kitapları hazırlanmalıdır. Bu materyallerde ünitelerle ilişkilendirilmiş örnek simülasyonlara yer verilerek DVD ortamında öğretmenlerin kullanımına sunulup yaygın etki düzeyleri arttırılmaldır.

4. Bilişim Teknolojileri sınıflarında, sanal laboratuvar programlarının kullanımına yönelik gerekli fiziki koşullar sağlanarak fizik, kimya ve biyoloji gibi deney uygulamaları gerektiren derslerde etkin şekilde kullanılması teşvik edilmelidir.
5. Fizik öğretmenlerinin sanal laboratuar uygulamalarını zaman alıcı olduğu düşünmeleri dikkate alınarak yeni fizik öğretim programındaki kazanımların öğrencilere hedeflenen düzeyde kazandırılabilmesi için fizik dersine ayrılan haftalık ders saati arttırılmalıdır.
6. Fizik öğretiminde 9. sınıf öğrencilerinin "Basit Elektrik Devreleri" konusundaki sanal laboratuvar programlarının genellikle kısıtlı imkânlar sunduğu dikkate alınarak, açık kaynak kodlu kullanıcıya özgürce çalışma olanağı sunabilen ve kullanışlı programlar geliştirilmelidir.
7. Fizik öğretiminde sanal laboratuvar programlarının öğrencilerin zihinsel modellerini geliştirmedeki olumlu etkisi dikkate alınarak öğretmenler tarafından kullanım düzeyi yaygınlaştırılmalıdır. Bu bağlamda, EBA üzerinden öğretmenlerin ve öğrencilerin kullanımına yönelik ücretsiz sanal laboratuvar programları paylaşılmalıdır.
8. FATİH projesi kapsamında okullara sağlanan akıllı tahta ve tabletlere sanal laboratuvar programları yüklenerek, öğrenci ve öğretmenlerin fizik öğretiminde sanal laboratuvar programlarını daha etkin kullanabilecekleri öğrenme ve öğretme ortamları oluşturulmalı ve bu konuda öğretmenlere eğitim verilmelidir.
9. Fizik öğretmenlerinin sanal laboratuvarlar ve 7E öğretim modeli gibi yeni öğretim modelleri konusundaki bilgi ve tecrübe eksiklikleri hizmetiçi eğitim seminerleri ile giderilmelidir. Ayrıca öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının, farklı türlerdeki sanal laboratuvar programlarının kullanımına yönelik pratik deneyim kazanmaları sağlanmalıdır.
10. Günümüzde fizik öğretiminde "Elektrik" konusu ile ilgili sanal laboratuvar programlarının diğer konulara göre daha fazla olmasına rağmen kullanışlılık ve içerik boyutunda yetersiz kaldığından geliştirilmelidir. Elektrik konusu dışında fizik öğretim programındaki diğer konulara yönelik farklı sanal laboratuar programları geliştirilmelidir.
11. Sanal laboratuvar programlarının yabancı dilde genellikle ingilizce hazırlanmış olması, öğrencilerin yabancı dil sorunu yaşamalarına neden olduğu dikkate alınıp Türkiye'de öğretim teknolojileri alanında çalışmalar yapan kurum ve kuruluşlar desteklenerek ana dilde programların geliştirilmesi teşvik edilmelidir.

6. 2. 3. Benzer Çalışmalar Yürütecek Araştırmacılara Yönelik Öneriler

Yapılan araştırma sonuçları dikkate alınarak benzer çalışmalar yürütecek araştırmacılara yönelik öneriler aşağıda sıralanmıştır:

1. Fizik öğretiminde sanal laboratuar programları ile ilgili yapılacak çalışmalarda, öğretim programındaki konu-kazanım, uygulanacak öğretim modeli-stratejisi-yöntemi ve sanal laboratuar programının uygunluğuna yönelik kapsamlı araştırmalar yapılmalıdır.
2. Zihinsel modellerin belirlenmesinde çoktan seçmeli soru uygulamalarının öğrencilerin yönlendirilmesine neden olduğu dikkate alınıp açık uçlu sorular sorularak öğrencilerin cevaplarını nedenleri ile açıklamaları istenmelidir. Böylece öğrencilerin, düşüncelerinin ve zihinsel modellerinin daha tutarlı şekilde analiz edilmesi mümkün olacaktır.
3. Fizik öğretiminde öğrencilerin zihinsel modellerinin belirlenmesinde sanal laboratuar programlarının farklı bir ölçme ve değerlendirme aracı olarak kullanılmasının etkileri değerlendirilmelidir.
4. Fizik öğretiminde “Basit Elektrik Devreleri” konusu dışında Elektrik ve Manyetizma ünitesini kapsayacak şekilde yapılacak çalışmalar ile araştırma genişletilebilir.
5. Fizik öğretimindeki sanal laboratuvar programlarının uygulamalarında, 7E öğretim modeli dışındaki farklı öğretim modellerinin-stratejilerinin-yöntemlerinin öğrencilerin zihinsel modelleri üzerindeki etki düzeyleri değerlendirilmelidir.
6. Fizik öğretiminde sanal laboratuar uygulamalarına yönelik farklı konularda benzer çalışmalar yapılarak öğrenci-öğretmen-fiziki koşullar-farklı öğretim model-strateji-yöntem ve tekniklerinin öğrencilerin zihinsel modelleri üzerindeki etkileri birlikte irdelenmelidir.

7. KAYNAKLAR

Abdullah, M. S., Evans, A., Benest, I. and Kimble, C. (2004). *Developing a UML profile for modelling knowledge-based systems*, In U. Abmann (Ed.), *Proceedings of model-driven architecture: Foundations and applications (*pp. 202-216*).* Sweden: Linkoping.

Adegoke, B. A. and Chukwunenye, N. (2013). Improving students' learning outcomes in practical physics, which is better? Computer simulated experiment or hands-on experiment? *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME), 2(6),* 18-26.

Adegoke, B. A. (2017). Effect of explicit problem solving ınstruction on secondary school students" achievement in physics. *International Journal of Scientific Research in Education, 10(1),* 87-101.

Afra, N., Osta, I. and Zoubeir, W. (2007). Students alternative conceptions about electricity and effect of inquiry – based teaching strategies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *7(1),* 103-132.

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16,* 183-198.

Akdeniz, A. R., Çepni, S. ve Azar, A.(1998). *Fizik öğretmen adaylarının laboratuvar kulanım becerilerini geliştirmek için bir yaklaşım*. III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu'nda sunulan bildiri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Akdeniz, A.R., Bektaş, U. ve Yiğit, N. (2000). İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin temel fizik kavramlarını anlama düzeyi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 19,* 5-14.

Akın, E., Karaköse, M. *Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Eğitiminde sanal laboratuvarların kullanımı*. http://www.emo.org.tr/../e7e0224018ab3cf_ek.doc adresinden 5 Ocak 2010 tarihinde erişilmiştir.

Alkan, C. (1984). *Eğitim teknolojisi*. Ankara: Yargıcıoğlu Matbaası.

Alkan, C. (1992). *Eğitim ortamlarının düzenlenmesi*. Ankara: A.Ü. Eğitim Fakültesi Yayınları.

Alkış, S. (2006). İlköğretim öğrencilerinin yağış kavramını algılama biçimleri. *İlköğretim Online, 5(2),* 126-140.

Akpınar, E. ve Ergin, Ö. (2005). Yapılandırmacı kuramda fen öğretmeninin rolü. *İlköğretim Online*, *4(2),* 55-64.

Altun-Yalçin S., Açışlı S. ve Turgut, Ü. (2010). 5E öğretim modelinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel işlem becerilerine ve fizik laboratuarlarına karşı tutumlarına etkisi, *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi, 18,* 147-158.

Altuntaş-Aydın, M. (2011). *Model ve kavramsal değişim metinlerinin birlikte kullanılmasının ilköğretim 7. sınıf öğrencilerinin 'Atomun Yapısı' konusunu*

anlamaları üzerine etkisi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, *70(5),* 549-563.

Andrews, T. and Schwarz, G. (2002). Preparing students for the virtual organization: an evaluation of learning with virtual learning technologies. *Educational Technology&Society, 5(3),* 1436-4522.

Angell, C., Guttersrud, Henriksen, E. K. and Kind, P. M. (2007, June). *Multiple representations as a framework for a modelling approach to physics education*. Paper presented atESERA conference, Prague, Czech Republic.

Arnold, M. and Millar, R. (2011). Being constructive: an alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity. *International Journal of Science Education, 9(5),* 553-563.

Arvind, V. R. and Heard, J. W. (2010). Physics by simulation: Teaching circular motion using applets. *Latin American Journal of Physics Education*, *4(1),* 35-39.

Asami, N., King, J. and Monk, M. (2000). Tuition and memory: Mental models and cognitive processing in japanese children's work on DC electrical circuits. *Research in Science and Technological Education, 18(2),* 141-154.

Ashab, N. (2001). *Use an analogy method to modify the misconception for the constant electrical current to the tenth grade students* (Unpublished master's thesis). Yarmouk University, Irbid, Jordan.

Atasoy, S. ve Akdeniz, A. R. (2007). Newton'un hareket kanunları konusunda kavram yanılgılarını belirlemeye yönelik bir testin geliştirilmesi ve uygulanması. *Journal of Turkish Science Education*, *4(1),* 45-59.

Ateş, S. (2005). The effects of learning cycle on collage students' understanding of different aspects in resistive DC circuits. *Electronic Journal of Science Education*, *9(4),* 213-227.

Ateş, S. ve Polat, M. (2005). Elektrik devreleri konusundaki kavram yanılgılarının giderilmesinde öğrenme evreleri metodunun giderilmesi. *Hacettepe Eğitim Fakültesi Dergisi*, *28,* 39-47.

Athanasios, T., Molochidis, A., Euripidies, H., Dimitrios, P. (2015, May). *Enhancing science education: the model-space and web-based virtual electric circuit laboratories.* Paper presented at 4th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies, Thessaloniki, Greece.

Aydeniz, M. (2010). Measuring the impact of electric circuits KitBook on elementary school children's understanding of simple electric circuits. *Electronic Journal of Science Education, 14(2),* 1-29.

Aykutlu, I. and Şen, A.İ. (2011). Using analogies in determining and overcoming high school students' misconceptions about electric current. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education, 5(2),* 221-250.

Azaiza, I., Bar, V. and Galili, I. (2006). Learning electricity in elemantary school. *International Journal of Science and Mathematics Education, 4,* 45-71.

Azar, A. (2001, Eylül). *Üniversite öğrencilerinin elektrik konusundaki kavram yanılgılarının analizi*. Fen Bilimleri Eğitim Sempozyumu'nda sunulan bildiri, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.

Bailey, K. D. (1982). *Methods of social research*. New York: The Free Press.

Banoğlu, K., Madenoğlu, C., Uysal, Ş. ve Dede, A. (2014). FATİH projesine yönelik öğretmen görüşlerinin incelenmesi (Eskişehir ili örneği). *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 4(Özel sayı 1),* 39-58.

Bar, V., Zinn, B. and Rubin, E. (1997). Children's ideas about action at a distance. *International Journal of Science Education, 19,* 1137–1157.

Bar, V. and Zinn, B. (1998). Similar frameworks of action-at-a-distance: Early scientists' and pupils' ideas. *Science & Education, 7,* 471–491.

Barrow, L. (2000). Do elementary science methods text boks faciate the understanding of the magnet concepts? *Journal of Science Education and Technology, 9,* 199-205.

Baser, M. (2006). Effects of conceptual change and traditional confirmatory simulations on pre-service teachers' understanding of direct current circuits, *Journal of Science Education and Technology*, *15,* 367–381.

Bawaneh, A. K., Zain, A. N. and Saleh, S. (2010). The effect of hermann whole brain teaching method on students understanding of simple electric circuit. *European Journal of Physics Education*, *2(2),* 1-23.

Bayrak, B., Kanlı, U. and Kandil, İ. Ş. (2007). To compare the effects of computer based learning and the laboratory based learning on students' achievement regarding electric circuits. *The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET, 6(1),* 15-24.

Bektasli, B. and White, A. L. (2012). The relationship between logical thinking, gender, and kinematics graph interpretation skills. *Eğitim Araştırmaları – Eurasian Journal of Educational Research*, *48,* 1-20.

Biel, D., Vento, J. and Costa-Castelló, R. (2010). On the role of virtual laboratories in an undergraduate power electronics introductory course. Retrieved February 14, 2015, from https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/7048/IOC-DT-P-2010-02-1.pdf

Birinci-Konur, K. ve Sezen, G. Tekbıyık, A. (2010). Fen ve Teknoloji Derslerinde Yapılandırmacı Yaklaşıma Dayalı Etkinliklerde Öğretim Teknolojilerinin Kullanılabilirliğine Yönelik Öğretmen Görüşleri. *Eğitim Teknolojileri Araştırmaları Dergisi, 1(2)*.

Boeha, B. B. (1990). Aristotle, alive and well in Papua New Guinea science classrooms. *Physics Education, 25,* 280-283.

Booch, G., Rumbaugh, J.and Jacobson, I. (1999). *The unified modelling language user guide*. Massachusetts: Addison Wesley Reading.

Borges, A. T. (2002). *Mental modesl progression, PS7-E symposium.* Retrieved January 20, 2011 from http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/esera/book/s056+rei.pdf.

Borges, A. T. and Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education, 21(1),* 95-117.

Borges, A. T. and Glibert, J. K. (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education, 20,* 361–378.

Bowman, D. A. (2002). *Principles for the design of performance-oriented ınteraction techniques handbook of virtual environments.* Mahwah, New Jersey: Lawrence-Erlbaum. 277-300.

Boylan. C. (1996). *Attitudes toward teaching and taking science course a correlation between teachers and students* (Unpublished doctoral thesis). University of Michigan, USA.

Bozkurt, E. (2008). *Fizik eğitiminde hazırlanan bir sanal laboratuvar uygulamasının öğrenci başarısına etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Bozkurt, E. ve Sarıkoç, A. (2008). Fizik eğitiminde sanal laboratuvar, geleneksel laboratuvarın yerini tutabilir mi?. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, *25,* 89 -100.

Brown, D. E. (1989). Students' concept of force: The importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, *24,* 353-358.

Brown, G. S. (1992). Improving education in public schools: innovative teachers to the rescue. *System Dynamics Review, 8(1),* 83-89.

Bybee, R. W. (2003). *Why the seven e's.* http://www.miamisci.org/ph/lpintro7e.html adresinden 13 Mart 2015 tarihinde erişilmiştir.

Canpolat, N., Pınarbaşı, T., Bayrakçeken, S. ve Geban, Ö. (2004). Kavramsal değişim yaklaşımı-III: model kullanımı. *Kastamonu Eğitim Dergisi, 12(2),* 377-384.

Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal Of Applied Developmental Pyschology, 21(1),* 13-19.

Carman Cheng, K.M., Eric Cheng, K.W., Chan, K.W. (2006). *Develop a web tool for electrical engineering courses*. Paper presented at the 2nd International Conference on Power Electronics Systems and Applications, Hong Kong.

Cartier, J., Rudolph, J. and Stewart, J. (2001). *The nature and structure of scientific models.* Retrieved March 20, 2015 from http://www.wcer.wise.edu/ncisla.

Ceylan-Soylu, H. (2011, April). Fen ve teknoloji öğretiminde kavram karikatürlerinin 7e öğrenme modeline göre hazırlanmış bir etkinlik örneği: Yaşamımızdaki elektrik. Paper presented at 2nd International Conference on New Trends in Education and Their Implications, Antalya.

Chambers, S. and Andre, T. (1997). Gender, prior knowledge, interest, and experience in electricity and conceptual change text manipulations in learning about direct current. *Journal of Research in Science Teaching, 34(2),* 107-123.

Chen, A. K. and Kwen, B.H.(2005). *Primary pupils' conceptions about someaspect of electricity.* Retrieved April 21, 2017 from http://www.aare.edu.au/98pap/ang98205.htlm

Chiristian, W. (2001). *Pyhslet: Java tools for a web-based physics curriculum.* Paper presented at ERK Conference, Portoroz, Slovenia.

Chiu, M. H. and Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, *42(4),* 429-464.

Cohen, L., Eylon, B.and Ganiel, U. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concept. *American Journal of Physics, 51(5),* 407-412.

Cokelez, A. and Yurumezoglu, K. (2009). Conceptualization forms of « Electricity, electric current and electrical energy » by junior high school (aged 12-14) students. *Latin American Journal of Physics Education, 3(3),* 496-505.

Coll, R.K. and Treagust, D.F. (2003). Learners' mental models of metalic bonding: A cross-age study. *Science Education, 87(5),* 685-707.

Coll, R.K. (2008). Chemistry learners' prefered mental models for chemical bonding, *Türk Fen Eğitimi Dergisi, 5(3),* 22-46.

Cosgrove, M. (2006). A study of Scienc-in-the-making as students generate an analogy for electricity. *International Journal of Science Education, 17(3),* 295-310.

Cosgrove, M., Osborne, R. and Carr, M. (1985). *Using practical and technological problems to promote conceptual change, aspect of understanding electricity* (International Workshop). Institut fur die Pedagogik der Naturwissenschaften.

Çopur, T. ve Moğol, S. (2012). Fizik eğitimde işbirliğine dayalı yaklaşımın kullanılmasına yönelik öğrenci görüşleri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *32(2),* 251-266.

Coştu, B., Ünal, S., Ayas, A. (2007). Günlük yaşamdaki olayların fen bilimleri öğretiminde kullanılması. *Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi, 8(1),* 197-207.

Cullin, M. Ve Crawford, B.A. (2002). Using technology to support prospective science teachers in learning and teaching about scientific models. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education [Online Serial], 2(4),* 408-425.

Çalık, M. (2006). *Bütünleştirici öğrenme kuramına göre lise 1 çözeltiler konusunda materyal geliştirilmesi ve uygulanması* (Yayınlanmamış doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Çepni, S., Ayas, A., Johnson, D. ve Turgut, M. F. (1997). *Fizik öğretimi*. Ankara: YÖK/Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi.

Çepni, S. ve Kurt, S. (2004). *Laboratuvarların kavram yanılgılarının giderilmesi üzerine etkisi: keşfedici bir yaklaşım*. XIII. Eğitim Bilimleri Kongresi'nde sunulan bildiri, G.U. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Çepni, S. (2009). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (4. Baskı).Trabzon: Üçyol Kültür Merkezi.

Çepni, S., Akdeniz, A.R., Ayas, A., Özmen, H., Yiğit, N. ve Ayvacı, H.Ş. (2005). *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi*. Ankara: Pagema Yayıncılık.

Çepni, S. and Keleş, E.(2006). Turkish students' conceptions about the simple electric circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education, 4(2),* 269-291.

Çepni, S., Şan, M. ve Gökdere, M. (2001). *Fen bilgisi öğretiminde zihinde yapılanma kuramına uygun 7e modeline göre örnek etkinlik geliştirme*. Yeni Bin Yılın Basında Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu'nda sunulan bildiri, Maltepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi İstanbul.

Çıkla, O. K. (2004). *The effects of multiple representations-based ınstruction on seventh grade students' algebra performance, attitude toward mathematics, and representation preference* (Unpublished doctoral dissertation). Middle East Technical Universtiy, Ankara.

Çıldır, I. ve Şen, A. İ. (2006). Lise öğrencilerinin elektrik akımı konusundaki kavram yanılgılarının kavram haritalarıyla belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 30,* 92-101.

Çoban, G. Ü. ve Kaya-Şengören, S. (2009). Prospective physics teachers' mental models about shadow. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 25,* 1-8.

Çökelez, A. (2015). Fen eğitiminde model ve modelleme, öğretmenler, öğretmen adayları ve öğrenciler: Alanyazın taraması. *International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic, 10(15),* 255-272.

Değirmencioğlu, H. (2008). *Sınıf öğretmeni adaylarına yönelik maddenin halleri konusuyla ilgili bağlam temelli materyal geliştirilmesi ve etkililiğinin araştırılması* (Yayınlanmamış doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Demirci, N. ve Çirkinoğlu, A. (2004). öğrencilerin elektrik ve manyetizma konularında sahip oldukları önbilgi ve kavram yanılgılarının belirlenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi, 1(2),* 116–138.

Demircioğlu, G., Özmen, H. ve Ayas, A. (2002, Eylül). *Lise II kimya öğrencilerinin asit ve bazlarla ilgili önbilgilerinin ve karşılaşılan yanılgılar.* V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitim Kongresi'nde sunulan bildiri, ODTÜ, Ankara.

Demirel, Ö. (1992). Türkiye'de program geliştirme uygulamaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 7,* 27–43.

Demirezen, S. (2010). *Elektrik devreleri konusunda 7E modelinin öğrencilerin başarı, bilimsel süreç becerilerinin gelişimi, kavramsal başarıları ve kalıcılık düzeylerine etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Demirezen, S. ve Yağbasan, R. (2013). 7E modelinin basit elektrik devreleri konusundaki kavram yanılgıları üzerine etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *28(2),* 132-151.

Devi, R., Tiberhien, A., Baker, M. and Brna, P. (1996). Modelling Students' Construction of Energy Models in Physics. *Instructional Science*, *24(4),* 259-293.

Dilber, R. ve Düzgün, B. (2003). Doğru akım devreleri ile ilgili olarak orta öğretim fen kolu öğrencilerinde oluşan kavram yanılgıları. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *2,* 90-96.

Dilber, R. ve Düzgün, B. (2003). Lise öğrencilerinin basit elektrik devreleri hakkındaki kavram yanılgıları üzerine bir çalışma. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(3),* 349-358.

Dilber, R. and Düzgün, B. (2008). Effectiveness of analogy on students' scucess and elimination of misconceptions. *Latin American Journal of Physics Education, 2(3),* 174-183.

Doğanay, A. (2003). Sosyal bilgiler öğretimi. C. Öztürk ve D. Dilek (Ed.), *Hayat bilgisi ve sosyal bilgiler öğretimi* içinde (s.15-46). Ankara: PegemA Yayıncılık.

Doğanay, A. (2004). Öğretimde kavram ve genellemelerin geliştirilmesi. C. Öztürk. ve D. Dilek (Ed.), *Hayat bilgisi ve sosyal bilgiler öğretimi* içinde (s. 227-225). Ankara: PegemA Yayıncılık.

Domingues, L., Rocha, I., Dourado, F., Alves, M. and Ferreira, E. C. (2010). Virtual laboratories in (bio)chemical engineering education. *Education for Chemical Engineers, 5(2),* 22-27.

Dorneles, P., Veit, E. and Moreira, M. (2010). A study about the learning of students who worked with computational modeling and simulation in the study of simple electric circuits. *Revista Electronica de Ensenaza de las Ciencias*, *9(3),* 569-595.

Driver, R. and Easley, J. (1978). Pupils and paradigsm s: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, *5,* 61-84.

Driver, R. (1983). *The pupil as scientist*. UK: Open University Pres.

Driver, R. and Erickson, G. (1983). Theories in action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science*. Studies in Science Education*, *10,* 37-60.

Driver, R. and Warrington, L. (1985). Students use of the principle of energy conservation in problem situations, *Physics Education*, *29,* 171-176.

Driver, R. (1989). Students' conseptions and the learning of science [special issue]. *International Journal of Science Education, 11,* 481-490.

Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (1998). *Children's ideas and the learning of science. children's ıdeas in science.* Milton Keynes, UK: Open University Press.

Duarte, M., Butz, B.P., Miller, S.M., Mahalingam, A. (2008). An Intelligent Universal Virtual Laboratory (UVL), *IEEE Transactions on Education, 51(1),* 2-9.

Duit, R. and Rhöneck, C. (1997). *Learning and understanding key concepts of electricity,* Retrieved April 24, 2015 from http//www.physics.ohio-state.edu/jossem/ICPE/C2MC.htlm

Dupin, J.J. and Johsua, S. (1987). Conceptions of French pupils concerning electric circuits: Structure and evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, *24(9),* 791-806.

Eisenkraft, A. (2003). Expandingthe 5E model*. ScienceTeacher*, *70(6),* 56-59.

Engelhardt, P. V. and Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, *72,* 98-115.

Erdoğdu, S. (2011). *Elektrik konularının 5E modeline göre öğretiminin öğrencilerin akademik başarılarına ve tutumlarına etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Erickson, G. (1994). Pupils' understanding of magnetism in a practical assessment context: the relationship between content, process and progression. In P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Eds.), *The content of science* (pp. 80–97). London: Falmer.

Eryılmaz, A. (2002). Effects of Conceptual Assignments and Conceptual Change Discussions on Students' Misconceptions and Achievement Regarding Force And Motion, *Journal of Research in Science Teaching, 39(10),* 1001-1015.

Etkina, E., Warren, A. and Gentile, M. (2006). The role of models in physics ınstruction, *The Physics Teacher*, *44(1),* 34-39.

Ezginci, Y., Güler, İ., Özbay, Y. ve Altunkaya, S. (2006). *Biyomedikal lab. eğitimine multimedyalı internet desteği.* 3. EEB Mühendislikleri Eğitimi Ulusal Sempozyumu'nda sunulan bildiri, İTÜ, İstanbul.

Fatt, J. P. T. and Joo, N. T. (2000). Learning styles: Implications for design and technology education, *Management Research News*, *24(5),* 24-37.

Findlay, M. J. (2010). *From Teaching Physics to Teaching Children: The Role of Craft Pedagogy.* (Unpublished doctoral thesis). University of Strathclyde, Glasgow.

Finkelstein, N., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S. and Reid, S. (2005). When learning about the real world is better done virtually: *A study of substituting computer simulations for laboratory equipment*. Retrieved January 15, 2007 from <http://prstper.aps.org/abstract/PRSTPER/v1/i1/e010103>

Forrester, J. W. (1996). Road Map 1: *System dynamics and K-12 teachers*. (MIT System Dynamics in Education Project). Retrieved from http:// web.archive.org/ web/20060430061546/http:// sysdyn.clexchange.org/ sdep/ papers/D-4665-4.pdf

Frederiksen, J.R., White, B.Y. and Gutwill, J. (1999). Dynamic mental models in learning science: The importance of constructing derivational linkages among models. *Journal of Research in Science Teaching*, *36(7),* 806-836.

Galili, I., Bar V. and Azaiza I. (2006). *The evolution of direct current models*. Paper presented at the International Conference on Physics Education (GIREP): Modeling in Physics and Physics Education, Gemeete, Amsterdam, The Netherlands.

Garnett, P.J. and Treagust, D.F. (1992). Conceptual diffuculties experienced by senior high school students of chemistry: electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching, 29(10),* 1079-1099.

Gemici, K., Korkusuz, E. , Bozan, M. ve Sarıkaya, A. (2001, Eylül). *Bilgisayar destekli fen eğitimi ve bir örnek uygulama.* Yeni Bin yılın Başında Türkiye'de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu'nda sunulan bildiri, İstanbul.

Gilbert, J. K., Osborne, R. and Fensham, P. J. (1982a). Children's science and its consequences for teaching*. Science Education, 66(4),* 623-633.

Gilbert, J. K., Watts, D.M. and Osborne, R. J. (1982b). Students' concepts of ideas in mechanics*. Physics Education, 17,* 62-66.

Gilbert, J. K. and Watts, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education, 10,* 61-98.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J. and Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education, In Gilbert, J.K. & Boulter, C.J. (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3-18). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Gordon, J. (1996). Tracks for learning: Metacognition and learning technologies. *Australian Journal of Educational Technology*, *12(1),* 46-55.

Gönen, S. and Kocakaya, S. (2010). A physics lesson designed according to 7e model with the help of ınstructional technology (Lesson Plan).*Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE*, *11(1),* 98-113.

Greca, I. M. and Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modeling. *International Journal of Science Education, 22(1),* 1-11.

Grosslight, L. Unger, C., Jay, E. and Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching, 29,* 799-822.

Guzzi, R., Scarpanti, S., Ballista, G., Di Nicolantonio, W. (2005). An educational development tool based on principles of formal ontology. *Educational Technology&Society*, *8(1),* 80-89.

Gülçiçek, Ç. ve Güneş, B. (2004). Fen öğretiminde kavramların somutlaştırılması: Modelleme stratejisi, bilgisayar simülasyonları ve analojiler. *Eğitim ve Bilim*, *29(134),* 36-48.

Güler, B. ve Şahin, M. (2017). Fen bilgisi öğretmen adaylarının "elektrik ve manyetizma" konusundaki kavramsal anlamalarının incelenmesi. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 44,* 179-193.

Günbatar, S. ve Sarı, M. (2005). Elektrik ve manyetizma konularında anlaşılması zor kavramlar için model geliştirilmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *25(1),* 185-197.

Gündüz, M., Baykan, Ö. K. ve Yıldız, F. (2007). Elektronik deneyleri için sanal laboratuvar uygulaması. *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler MYO Teknik-Online Dergi*, *6(2),* 61-74.

Güneş, B., Gülçiçek, Ç. ve Bağcı, N.(2004). Eğitim fakültelerindeki fen ve matematik öğretim elemanlarının model ve modelleme hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi, 1(1),* 35-48.

Güneş, M. H. ve Çelikler, D. (2009, Mayıs). *Model oluşturma ve bilgisayar destekli öğretimin akademik başarı üzerindeki etkilerinin incelenmesi*, I. Uluslararası Türkiye Eğitim Araştırmaları Kongresi'nde sunulan bildiri, Çanakkale.

Gürbüz, F., Turgut, Ü. ve Salar, R. (2013). 7E modelinin 6. sınıf fen ve teknoloji dersi "yaşamımızdaki elektrik" ünitesinde akademik başarı ve kalıcılığa etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, *10(3),* 80-94.

Gürses, E. (2006). *Durgun elektrik konusunda yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı, 5E modeline uygun olarak geliştirilen dokümanların uygulanması ve etkililiğinin incelenmesi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Güven, B. ve Karatas, İ. (2004). *İlkögretim matematik ögretmen adaylarının sınıf ortamı tasarımları*. İlkögretim Online, *3(1),* 25–34.

Halloun, I.A. and Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, *53(11),* 1056-1065.

Halloun, I. (1997). *Schematic concepts for schematic models of the real world: The newtonian concept of force*. USA:Arizona State University Press.

Harms, U. (2000, June). *Virtual and remote labs in physics education*. Paper presented at Second European Conference on Physics Teaching in Engineering Education, Budapest.

Harrison, A. G. and Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. *Science Education, 80(5),* 509-534.

Harrison, G. A. and Treagust, F. D. (2000). A Typology of science models. International *Journal of Science Education, 22(9),* 1011-1026.

Harrison, A. (2001). *Thinking and working scientifically: The role of analogical and mental models*. Paper presented at the annual mmeting of The Australian Association For Research in Education, Fremantle.

Heller, M. P. and Finley, N.F. (1992). Variable uses of alternative conceptions: A case study in current electricity*. Journal of Research in Science Education, 29(3),* 259-276.

Helm, H. (1980). Misconceptions in physics amonggst south african students. *Physics Education, 15,* 92-105.

Hestenes, D. (2006). *Notes for a modelling theory of science, cognition and instruction.* Paper presented at the GIREP conference, Modelling in Physics and Physics Education.

Heuvelen, A. V. and Zou, X. (2001). Multiple representations of work-energy processes. *American Journal of Physics, 69(2),* 184.

Hill, B. R. (2010, May). *Mental models.* Retrieved May 5, 2016 from http://mentalmodelassessment.org/mental-models/.

Hodge, H., Hinton., H. S., Lightner, M. (2000).*Virtual circuit laboratory*. Paper presented at 30th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Kansas City, Missouri.

Hubber, P. (2006). Year 12 students' mental models of the nature of light. *Research in Science Education*, *36(4),* 419-439.

Hynd, C.R., McWhorter, Y. J., Phares, V. L. and Suttles, C. W. (1994). The role of ınstructional variables in conceptual change in hifg school physics topics, *Journal of Research in Science Teaching*, *31(9),* 933-946.

Itza-Ortiz, S. F., Rebello, S. and Zollman, D. (2004). Students' models of Newton's second law in mechanics and electromagnetism. *European Journal of Physics, 25,* 81-89.

İpek, H. and Çalık, M. (2008). Combining different conceptual change methods within four-step constructivist teaching model: a sample teaching of series and parallel circuits. *International Journal of Environmental and Science Education*, *3(3),* 143-153.

İyibil, Ü. (2010). *Farklı programlarda öğrenim gören öğretmen adaylarının temel astronomi kavramlarını anlama düzeylerinin ve ilgili kavramlara ait zihinsel modellerinin analizi* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

İyibil, Ü. ve Sağlam-Arslan, A. (2010). Fizik öğretmen adaylarının yıldız kavramına dair zihinsel modelleri. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi, 4(2),* 25–46.

Jaakkolaa, T. and Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity bycombining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, *24,* 271–283.

Jabot, M. and Henry, D. (2007). Mental models of elementary and middle school students in analyzing simple battery and bulb circuits. *School Science and Mathematics, 107(1),* 371-381.

Jabot, M. and Henry, D. (2004). *Assessing elementary and middle school students' understanding of electric current*, NARST. Retrieved April 22, 2012 from http://physicsed.buffalostate.edu/pubs/NARST/2004AprVancouver/Elem&MS_CE_Models.doc

Jensen, N., Voight, G., Nejdl, W. and Olbrich, S. (2004). *Development of a virtual laboratory system for science education*. Retrieved April 22, 2012 from http://imej.wfu.edu/articles/2004/2/03/index.asp.

Jeschke, S., Richer, T. and Zorn, E. (2001). *Virtual lab,* DFG Research Center Matheon, TU Berlin.

Jimoyiannis, A. and Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students'understanding of trajectory motion. *Computer and Education*, *36,* 183-204.

Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models.* Cambridge: Cambridge University Press.

Justi, R. and Gilbert, J.(2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of 'the atom'. *International Journal of Science Education, 22(9),* 933-1009.

Kabapınar, F. (1998). *Teaching for conceptual understanding: developing and evaluating Turkish students' understanding of the solubility concept through a sprecific teaching intervention* (Unpublished doctoral dessertation). The University of Leeds, School of Education.

Kabapınar, F. (2003). Kavram yanılgılarının ölçülmesinde kullanılabilecek bir ölçeğin bilgi-kavrama düzeyini ölçmeyi amaçlayan ölçekten farklılıkları. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, *35,* 398-417.

Kaleli-Yılmaz, G., Ertem, E. and Çepni, S. (2010). The effect of the material based on the 7e model on the fourth grade students' comprehension skill about fraction concepts. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 2,* 1405-1409.

Kallunki, V. and Lavonen, J. (2010). Understanding of dc-circuit phenomena. In B. Lazar, R. Reinhardt (Eds.), *Proceedings of the XIV IOSTE Symposium, June 13-18 2010, Bled, Slovenia: Socio-cultural and Human values in Science and Technology Education*. Ljubljana: IRI UL, Institute for Innovation and Development of University of Ljubljana.

Kanlı, U. (2007) *7E modeli merkezli laboratuvar ile doğrulama laboratuvar yaklaşımlarının öğrencilerin bilişimsel süreç becerilerinin gelişimine ve kavramsal başarılarına etkisinin karşılaştırılması* (Yayınlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kanlı, U. (2009). Yapılandırmacı kuramın ışığında öğrenme halkası'nın kökleri ve evrimi-örnek bir etkinlik. *Education and Science*, *34(151),* 44- 64.

Karaca, E. (2008). *Yazılı metinlerde içerik düzenlemenin öğrenmeye etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

Karagöz, Ö. (2006). *Fizik dersinde kullanılan farklı sanal laboratuvar programlarının tasarım ve kullanışlılık açısından değerlendirilmesi ve farklı öğretim yöntemleriyle kullanılmaları durumunda öğrenci başarısı üzerindeki etkilerinin incelenmesi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Esntitüsü, İstanbul.

Karagöz, Ö. and Özdener, N. (2007, May). *Effect of virtual lab software used in physics courses on students' success in case of their use with different teaching methods*.

Paper presented at 7th International Education Technology Conference: Educational Technology for Innovation and Change in Education. Nicosia, North Cyprus.

Karagöz, Ö. and Özdener, N. (2010). Evaluation of the usability of different virtual lab software used in physics courses. *Bulgarian J. Science & Education Policy, 2(4),* 216-235.

Karagöz, Ö. ve Sağlam-Arslan, A. (2012). İlköğretim öğrencilerinin atomun yapısına ilişkin zihinsel modellerinin analizi. *Journal of Turkish Science Education, 9(1),* 132-142.

Karagöz Mırçık, Ö. ve Saka A. Z. (2016). *Fizik öğretiminde sanal laboratuvar destekli uygulamaların değerlendirilmesi, Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi Journal of Research in Education and Teaching*, *5(Özel Sayı),* 240-248.

Karakuyu, Y. ve Özek, N. (2002, Eylül). *Madde ve elektrik konularındaki lise 1 öğrencilerinin kavram yanılgıları.* TFD-21. Fizik Kongresi'nde sunulan bildiri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Karakuyu, Y. ve Tüysüz, C. (2011). Elektrik konusunda kavram yanılgıları ve kavramsal değişim yaklaşımı, *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *10(2),* 867-890.

Karamustafaoğlu, O., Aydın, M. ve Özmen, H. (2005). Bilgisayar destekli fizik etkinliklerinin öğrenci kazanımlarına etkisi: Basit harmonik hareket örneği. *The Turkish Online Journal of Educational Technology, 4(4),* 67 - 81.

Kärrqvist, C. (1985). The development of concepts by means of dialogues centered on experiments. In Duit, R., Jung, W., & Rhöneck, C. von. (Eds.), *Aspects of Understanding Electricity* (pp. 215-226). Kiel, Germany: IPN.

Kayaduman, H., Sırakaya, M. ve Seferoğlu, S. S. (2011). *Eğitimde FATİH Projesinin öğretmenlerin yeterlik durumları açısından incelenmesi.* XIII. Akademik Bilişim Konferansı'nda (AB11) sunulan bildiri, İnönü Üniversitesi, Malatya.

Keats, E. (2011, July). *An "imagination" tool to accelerate analoğu elekctronics learning*. Paper presented at 24th Annual Conference of the National Advisory Committee on Computing Qualifications, Rotorua, New Zelland.

Kocakülah, M. S. (2002). An investigation of first year university students' understanding of magnetic force relations between two current carrying conductors. A case study: Balıkesir University Faculty of Education. *Hacettepe Eğitim Fakültesi Dergisi, 23,* 155-166.

Kocijancic, S. and O'Sullivan, C. (2004). Real or virtual laboratories in science teaching-is this actually a dilemma? *Informatics in Education-An International Journal, 3(2),* 239-250.

Korkmaz, A. ve Yıldız, A. (2012). Ortaöğretim okullarında cinsiyet farklılıklarının, fizik dersinde interaktif ve klasik eğitiminde başarısının karşılaştırılması. *International Journal Of New Trends In Arts, Sports & Science Education (IJTASE), 1(3),* 44-50.

Koyunlu-Ünlü, Z. and Dökme, İ. (October 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 – TOJET*, *10(4),* 320-329.

Kukkonen, J., Martikainen, T. and Keinonen, T. (2009). Simulation of electrical circuit in ınstruction by fifth graders. In G.Gorghiu et al. (Eds.), *Education 21, Special Number: Virtual Instruments and Tools in Sciences Education-Experiences and Perspectives.* Cluj-Napoca (pp. 158-164). Romania: Science Book House

Kumaş, A. (2015). *Fizik öğretiminde REACT öğretim stratejisine dayalı olarak geliştirilen yenilikçi teknoloji destekli zenginleştirilmiş öğretmen rehber materyallerinin değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kurnaz, M. A. and Sağlam-Arslan A. (2008, August). *Prospective physics teachers' modeling abilities of situations related with gravitational force.* 25. Uluslararası Fizik Kongresi'nde sunulan bildiri, Bodrum, Muğla.

Kurnaz, M. A. 2009. Investigating the effectiveness of using different conceptual change methods embedded within 5e model on teacvhing and learning of heat and tempratuare. *Balkan Physics Letters, 16(1),* 161025.

Kurnaz, M. A. (2011). *Enerji konusunda model tabanlı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamlarının zihinsel model gelişimine etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kurnaz, M. A. ve Sağlam Arslan, A. (2011). Model tabanlı öğrenme yaklaşımını temel alan öğrenme ortamının öğrencilerin enerji kavramını anlama düzeylerine etkisi. *International Journal of Educational Research, 2(2),* 1-16.

Kurt, S. ve Yıldırım, N. (2010). Ortaöğretim 9. sınıf kimya dersi öğretim programının uygulanması ile ilgili öğretmenlerin görüşleri ve önerileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 29(1),* 91-104.

Küçük, M., Gökdere, M. ve Ayvacı, H. Ş. (2004, Eylül). *Fen bilgisi laboratuvar uygulamaları dersinin hedefleri açısından incelenmesi.* 6. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Küçük, M., Çepni, S. and Gökdere, M. (2005). Turkish primary school students' alternative conceptions about work, power and energy. *Journal of Physics Teacher Education, 3(2),* 22-28.

Küçüközer, H. (2003). Lise I öğrencilerinin basit elektrik devreleri konusuyla ilgili kavram yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 25,* 142-148.

Küçüközer, H. ve Demirci, N. (2004, Eylül). *Fizik öğretmen adayları ile fizik öğretmenlerinin basit elektrik devreleri konusunda kavram yanılgıları.* 6. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Küçüközer, H. and Demirci, N. (2005, September*). High school physics teachers' forms of thought about simple electric circuits.* Paper presented at 23th International Physics Congress, Muğla University.

Küçüközer, H. and Kocakülah, S. (2007). Secondary school students' misconceptions about simple electric circuits. *Journal of Turkish Science Education, 4(1),* 101-115.

Küçüközer, H.and Demirci, N. (2008). Pre-Service and in-service physics teachers' ıdeas about simple electric circuits. *Eurasia Journal of Mathematics. Science and Technology Education*, 4(3), 303-311.

Kühne, T. (2005). *What is a model?* Retrieved May 6, 2016 from http://drops.dagstul.de/opus/volltexte/2005/23.

Kwok-Wing, L. (1993). Teachers as Facilitators in a computer-supported learning Environment. *Journal of Information Technology for teacher Education, 2,* 127-137.

Lee, Y. and Law, N. (2001). Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal of Science Education, 23(2),* 111-149.

Licht, P. (2008). Teaching electrical energy, voltage and current: an alternative approach. *Physics Education, 74(1),* 95-130.

Mahapatra, M. (2006). Exploring physics teachers' concepts of simple DC circuits. In E. Berg, T. Ellermeijer and O. Slooten (Eds.), *Proceedings GIREP conference: Modelling in Physics and Physics Education* (pp. 661-676). Netherlands: Alphabase, Alphen aan den Rijn.

Maharaj-Sharma, R. (2011). What are students' ideas about the concept of an electric current: A primary school perspective. *Caribbean Curriculum*, *18,* 69-85.

Malloy, T. and Jensen, G. C. (2001). Utah virtual lab: JAVA interactivity for teaching science and statistics online. *Behavior Research Methods Instruments&Computers" 33,* 282-286.

Maloney, D. P. (1985). Charged poles? *Physics Education, 20*, 310–316.

Maloney, D., O'Kuma, T., Hieggelke, C. and Heuvelen, A. V. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics, 69(7),* 12-19.

Markman, A. B. (2005). Conceptual representations in psychology. *Encyclopedia of Cognitive Science, 3(2),* 44-58.

Matthews, M. R. (2007). Models in science and in science education: an ıntroduction. *Science and Education*, *16,* 647-652.

Mayer, R. E. (1992). Knowledge and thought: Mental models that support scientific reasoning. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology and education theory and practice* (pp. 226–243). Albany, NY: SUNY Press.

Maynard, T. and Furlong, J. (1993). Learning to teach and models of mentoring. In: D. McIntyre, H. Hagger & M. Wilkin (Eds.), *Mentoring: Perspectives on school-based teacher education.* London: Kogan Page.

McCloskey, M. (1983). Intutive physics. *Scientific American*, *248,* 122-130.

McKendree, J., Small, C., Stenning, K. and Conion, T. (2002). The role of representation in teaching and learning critical thinking. *Educational Review*, *54,* 157-67.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2004). *İlköğretim 4-5. sınıf fen ve teknoloji dersi programı.* Ankara: MEB Yayınları

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2007). *Ortaöğretim fizik dersi öğretim programı*, Milli Eğitim Ankara: MEB Yayınları

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2013). *Ortaöğretim fizik dersi öğretim programı,* Milli Eğitim Ankara: MEB Yayınları

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2016). *Akademik becerilerin izlenmesi ve değerlendirilmesi 8. sınıflar raporu.* Ankara: MEB Yayınları

Mellar, H., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J. and Tompsett, C. (Eds.). (1994). *Learning with artificial worlds: Computer based modelling in the curriculum*. London: Falmer Press.

Michelet S., Adam J. M. and Luengo V. (2007). Adaptive learning scenarios for detection of misconceptions about electricity and remediation. *International Journal of Emerging Technologies in Learning, 2(1),* 1-5.

Millar, R. and King, T. (1993). Students‟ understanding of voltage in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, *15(3),* 339-349.

Miller, R. L., Ely, J. F., Baldwin, R. M.and Olds, B. M. (1998). High-older thinking in the unit operations laboratory. Chemical Engineering Education, *32(2),* 146-151.

Moreira, M. A. and Dominguez, M. E. (1987, July). *Stability of misconceptions on electric current among college students*. Paper Presented at the Interamerican Conferance on Physics Education, Oaxtepee, Mexico.

Moshell, J.M. and Hughes, C.E. (2002). Virtual Environments as a Tool for Academic Learning. *In* K. M. Stanney *(*Ed.), *Handbook of virtual environments: Design, Implementation, and Applications* (pp. 893-910). Manhaw, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Mosterman, P. J., Dorlandt, M. A. M., Campbell, J. O., Burow, C., Bouw, R., Brodersen, A. J., Bourne, J. R. (1994). Virtual engineering laboratories: design and experiments. *Journal of Engineering Education, 83(3),* 279–285.

Narjaikaew, P. (2012). *Model of improving students conceptual knowledge of electricity and magnetism using active learning*. Retrieved on March 13, 2014 from http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/PENThai/research/keam.pdf

Nicoll, G. A. (2001). Report of undergraduates “bonding misconception”. *International Journal of Science Education, 23(7),* 707-730.

Noor, A. K. and Wasfy, T.M. (2001). Simulation of physical experiments in ımmersive virtual envirpnments, *Engineering Computations, 18(3/4),* 515-538.

Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models, In D.A.Gentner and A.L.Stevens (Eds.), *Mental models*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale.

Novak, J. D. (1977). *A Theory of education.* Ithaca, NY: Cornell University Press.

O'Dwyer, A. (2009). *Prior understanding of basic electrical circuit concepts by first year engineering students*. Paper presented at All-Ireland Society for Higher Education (AISHE) Conference, NUI Maynooth.

Oğuz, A. (2007). Developing students' understanding and thinking process by model construction. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 32,* 198-209.

Oidov, L., Tortogtokh U. and Purevdagva. E. (2012). Virtual laboratory for physics teaching. *Proceedings of the International Conference on Management and Education Innovation,* (Vol. 37, pp. 319-323). Singapore: IACSIT Press.

Oral, O. (2005). *Sanal malzeme laboratuvarı oluşturulması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Osborne, R. (1981). Children's ideas about electric circuits. *New Zealand Science Teacher, 29,* 12-19.

Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technological Education, 1(1),* 73-82.

Osborne, R. and Freyberg, P. (1985). Children's science, In R. Osborne & P. Freyberg (Eds.), *Learning in Science: The implications of children's science.* (pp. 5-14). Hong Kong:Heinemann.

Örgün, E. (2002). *Lise öğrencilerinin elektrik akımı konusundaki kavram yanılgılarında yapıcı öğretim yaklaşımının etkisi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Örnek, F. (2008). Models in science education: applications of models in learning and teaching science*. International Journal of Environmental & Science Education, 3(2),* 35-45.

Örnek, F., Robinson, W. R. and Haugan, M. P. (2008). What makes physics difficult? *International Journal of Environmental & Science Education, 3(1),* 30-34.

Özbek, G., Çelik, H., Ulukök, Ş. ve Sarı, U. (2012). 5E ve 7E öğretim modellerinin fen okur-yazarlığı üzerine etkisi. *Journal of Research in Education and Teaching, 1(3),* 183-194.

Özdener, N. (2004, Eylül). *Deneysel öğretim yöntemlerinde benzetişim (simülasyon) kullanımı.* IV. Uluslararası Eğitim Teknolojileri Sempozyumu'nda sunulan bildiri. Sakarya, Türkiye.

Özdener, N., Karagöz, Ö. ve Bayrak, G. (2005, Eylül). *Sanal laboratuvar ortamında kazanılan becerilerin gerçek laboratuvar ortamındaki öğrenci performansına ve ders başarısına etkisi.* V. Uluslararası Eğitim Teknolojileri Sempozyumu'nda sunulan bildiri. Sakarya, Türkiye.

Özkan, Ö., Tekkaya, C. ve Geban, Ö. (2001, Eylül). *Ekoloji konusundaki kavram yanılgılarının kavramsal değişim metinleri ile giderilmesi*. Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu'nda sunulan bildiri, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.

Özlem, D. (2006). *Mantık (*8. baskı). İstanbul: İnkılâp Yayınevi.

Özmen, H. (2004). Fen öğretiminde öğrenme teorileri ve teknoloji destekli yapılandırmacı (constructivist) öğrenme. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, *3(1),* 14.

Özsevgeç, T. (2006). Kuvvet ve hareket ünitesine yönelik 5e modeline göre geliştirilen öğrenci rehber materyalinin etkililiğinin değerlendirilmesi, *Türk Fen Eğitimi Dergisi, 3(2),* 36–48.

Pardhan, H. and Bano, Y. (2001). Science teachers' alternate conceptions about direct-currents. *International Journal of Science Education, 23(3),* 301-318.

Park, E. J., Light, G., Swarat, S. and Denise, D. (June 2009). *Understanding learning progression in student conceptualization of atomic structure by variation theory for learning.* Paper presented at the Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference, Iowa City, IA.

Perkins, D. N., Schwartz, J. L., West, M. M. and Wiske, M. S. (Eds.). (1995). *Software goes to school, teaching for understanding with new technologies*. NY: Oxford University Press.

Piaget, J. and Chollet, M. (1973). Le problème de l'attraction à propos des aimants. In J. Piaget (Ed.), *La formation de la notion de force* (pp.223–243). Paris: PUF.

Pines, A. L. and West, L. H. T. (1986). Conceptual understanding and science learning: an interpretation of research within a sources-of-knowledge framework. *Science Education*, *70(5),* 583-604.

Planinic, M. (2005, July). Krsnik, R., Pecina, P. and Susac, A. (2005). *Overview and comparison of basic teaching techniques that promote conceptual change in students.* Paper presented at the First European Physics Education Conference, Bad Honnef, Germany.

Podolefsky, N. (2006). The use of analogy in physics learning and instruction. *Phys. Rev. ST Physics Ed. Research, 2(2),* 1-17.

Podolefsky, N. S. and Finkelstein, N.D. (2006). Use of analogy in learning physics: The role of representations. *Phys. Rev. ST - Phys. Educ. Res.* 2, 1-10.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Towards theory of conceptual change. *Science Education*, *66,* 211-227.

Psillos, D. and Koumaras, P. (1988). Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on dc circuits. *International Journal of Science Education. 10(1),* 29 – 43.

Psillos, D. (1998). Teaching introductory electricity. A. Tiberghien, E. Jossem & J. Barojas (Eds.), Connecting Research in Physics Education with Teacher Education. Retreived December 14, 2006 from hhtp://physics.ohio-state.edu/˜jossem/ICPE/EI.html

Psillos, D., Koumaras, P. and Valassiades, O. (2004). Pupils' representations of electric current before, during and instruction on DC circuits. *Research in Science and Technological Education*, *5(2),* 185-199.

Psillos, D., Koumaras, P and Valassiades, O. (2005). Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal of Science Education*, *10(1),* 29-43.

Rapp, D. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualizations in science education. John K. Gilbert (Eds.), Visualization in Science Education (pp. 43-60). Netherlands.

Ravanis, K., Pantidos, P. and Vitoratos, E. (2010). Mental representations of ninth grade students: The case of the properties of the magnetic field. *Journal of Baltic Science Education, 9,* 50–60.

Redish, E. F. (1994). The implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics,* 62, 796-803.

Robson, C. (1993). *Real World Research***.** Oxford: Blackwell Publisher Ltd.

Ronen, M. and Eliahu, M. (2000). Simulation – a bridge between theory and reality: The case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning, 16,* 14–26.

Saglam, M. (2010). University students' explanatory models of the ınteractions between electric charges and magnetic fields. *Educational Research and Reviews*, *5(9),* 538-544.

Sağlam-Arslan, A. (2008). Didaktikte antropolojik kuram ve kullanımına yönelik örnekler, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 28(2),* 19-36.

Sağlam-Arslan, A. (2009). Cross-grade comparison of students'understanding of energy concepts. *Journal of Science Education and Technology, 19(3),* 303-313.

Sağlam-Arslan, A. and Kurnaz, M. A. (2009). Prospective physics teachers'level of understanding energy, power and force concepts. *Asia-Pasific Forum on Science Learning and Teaching, 10(1),* 1-18.

Sağlam-Arslan, A., Devecioğlu-Kaymakçı, Y. ve Arslan, S.(2009). Alternatif ölçmedeğerlendirme etkinliklerinde karşılaşılan problemler: Fen ve teknoloji öğretmenleri örneği. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *28,* 1-12.

Sağlam-Arslan, A. and Devecioğlu, Y.(2010). Student teachers' levels of understanding and model of understanding about Newton's laws of motion. *Asia-Pasific Forum on Science Learning and Teaching, 11(1),* 1-20.

Sağlam-Arslan, A. and Kurnaz, M.A.(2011) Students' conceptual understanding of energy: Do the learning diffuculties in energy concept discovered in the 1990s persist stil? *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, *3(1&2),* 109-118.

Saka, A. (2006). *Fenbilgisi öğretmen adaylarının genetik konusundaki kavram yanılgılarının giderilmesinde 5E modeli'nin etkisi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Sangam, D., Jesiek, B. K. and Thompson, J. (2011, October) *An analysis of dc circuit theory content in an engineerıng textbook: presentation features, conceptual*

content, and use of analogies. Paper presented at 41st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Rapid City, SD.

Satır, S. (2007). *Lise öğrencilerinin, öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin basit elektrik devreleri ile ilgili kavram yanılgıları* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Savinainen, A. and Scott, P. (2002). The force concept ınventory: a tool for monitoring student learning. *physics education*, *37(1),* 45-52.

Scaife, M. and Rogers, Y. (1996). External cognition: How do graphical representations work? *International Journal of Human-Computer Studies*, *45,* 185-213.

Schenps, M.H. and Sadler, P.M. (2003). *A private universe: Minds of our own.* Cambridge, MA: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.

Scherp, A. (2002, April). Software development process model and methodology for virtual laboratories. Retrieved October 6, 2017 from http://ansgarscherp.net/publications/pdf/C01-Scherp-SoftwareDevelopmentProcessModelAndMethodologyForVirtualLaboratories.pdf

Schmidt, H. J. (1997). Students' misconceptions' looking for a pattern. *Science Education*, *81,* 123-135.

Schnotz, W. (2002). Commentary Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review, 14(1),* 101-120.

Scott, P. H., Asoko, H. M. and Driver, R. H. (1991). Teaching for conceptual change: a review of strategies research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Institute for Science Education at the University of Kiel, 320 – 329.

Selman, R. L., Krupa, M. P., Stone, C. P. and Jacquette, D. S. (1982). Concrete operational thought and the emergence of the concept of unseen force in children's teories of electromagnetism and gravity. *Science Education*, *66,* 181-194.

Sencar, S., Yılmaz, E. E. ve Eryılmaz, A. (2001). High school students' misconceptions about simple electric circuits. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *21,* 113-120.

Sencar, S. ve Eryılmaz, A. 2002. *Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin basit elektrik devreleri konusuna ilişkin kavram yanılgıları*, V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, ODTÜ, Ankara.

Sencar, S.and Eryılmaz, A. (2004). Factors mediating the effect of gender on ninth-grade turkish students' misconceptions concerning electric circuit. *Journal of Research in Science Teaching, 41(6),* 603-616.

Sevgi, L. (2006). Modeling and simulation concepts in engineering education: Virtual Tools. *TÜBİTAK Turk J. Elec, 14(1),* 113-127.

Shafer, P. S. and McDermott, L. C. (1992). Research as a guide for curriculum development: an example from ıntroductory electricity. Part II: Design of ınstructional strategies. *American Journal of Physics, 60(11),* 1003-1013.

Shepardson, D.P. and Moje, E.B. (1994). The nature of fourth graders" understanding of electric circuits. *Science Education, 78(5),* 489-514.

Shin, D., Yoon, E., Lee, K. and Lee, E. (2002). A web-based, interactive virtual laboratory system for unit operations and process systems engineering education: Issues, design and implementation. *Computers and Chemeical Engineering, 26(2),* 319-330.

Shipstone, D. M. (1985). On childrens' use of conceptual models in reasoning about current electricity. In R. Duit, W. Jung, C. von Rhöneck (Eds.), *Aspect of Understanding Electricity* (pp. 73-83). Keil: Schmidt & Klaunig.

Shipstone, D. M., Rhöneck, C., Kärrqvist, C., Dupin, J., Johsua, S. and Licht, P. (1988). A study of students' undertanding of electricity in five european countries. *International Journal of Science Education, 10(3),* 303-316.

Silbar, R.R., Mead, W.C. and Williams, R.A. (1999, May). *Animations in Physics Educational Software*. Paper presented at Ed-Media World Conference on Educational Media & Technology,Waynesville, NC.

Smith, E. L., Blakeslee, T. D., and Anderson, C. W. (1994). Teaching strategies associated with conceptual change learning in science. *Journal of Research in Science Teaching, 30,* 111-126.

Sokoloff, D. and Thornton, R. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher, 35,* 340-346

Solomon, J. (1992). Getting to know about energy in school and society. London: The Falmer Pres.

Sommer, B.A. (2003). A virtual lab in research methods. *Teaching of Psychology*, *30(2),* 171-173.

Sperandeo-Mıneo, R. M. (2002). Learning Physics via Model Construction. In Michelini, M. and Cobal, M. (Eds.), Developing formal thinking in physics. (pp. 117-120). Italy: Forum Editrice. University of Udine.

Strike, K. and Posner, G. (1982). Conseptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, *4(3),* 231-40.

Sümbüloğlu, K. (1988). *Sağlık bilimlerde araştırma yöntemleri ve istatistik***.** Ankara: Matiş Yayınları.

Süzük, E., Çorlu, M. A. and Gürel, C. (2011). Students' perceptions of learning effiency of ıntroductory physics course, *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education (EJPCE), 3(1),* 65-71.

Şaşmaz-Ören, F. ve Tezcan R., (2008). İlköğretim 7. sınıf fen bilgisi dersinde öğrenme halkası yaklaşımının öğrencilerin başarı ve mantıksal düşünme yetenekleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21(2),* 427-446.

Şen, A. İ. ve Çıldır, I. (2007, Eylül). *Üniversite öğrencilerinin elektrik akımı konusundaki düşüncelerinin farklı yöntemlerle tespit edilmesi*. Uluslararası Öğretmen Yetiştirme Politikaları ve Sorunları Sempozyumunda sunulan bildiri, Bakü, Azerbeycan.

Şen, A. İ. and Aykutlu, I. (2008). Using concept maps as an alternative evaluation tool for students' conceptions of electric current. *Eurasian Journal of Educational Research, 31,*75-92.

Şen, H.C. ve Eryılmaz, A. (2011). Bir başarı testi geliştirme çalışması: basit elektrik devreleri başarı testi geçerlilik ve güvenirlik araştırması, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi, 8(1),* 1-39.

Şenay, A. (2007). *Kavram haritaları yöntemiyle metin öğretimi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Tambade, P. S. and Wagh, B. G. (2011). Assessing the effectiveness of computer assisted ınstructions in physics at undergraduate level. *Eurasian J. Phys. Chem. Educ.*, *3(2),* 127-136.

Tan, K. D. and Treagust, D. F. (1999). Evaluting students' understanding of chemical bonding, *School Science Review, 81(294),* 75-84.

Tanel, Z. ve Önder, F. (2010, Eylül). Diyot *konulanna ıliskin bilgisayar simulasyonlari kullanimimn ogrencilerin laboratuvar basansina etkisi*. IX. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Egitimi Kongresinde sunulan bildiri, Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Egitim Fakültesi, İzmir.

Tarekegn, G. (2009). Can computer simulations substitute real laboratory apparatus? *Latin American Journal of Physics Education, 3,* 506-517.

Taştan, Ö., Yalçınkaya, E. and Boz, Y.(2008). Effectiveness of conceptual change text-oriented ınstruction on studentes' understanding of energy in chemical reactions. *Journal of Science Education and Technology*, *17(5),* 44-453.

Tatlı, Z. and Ayas, A. (2010, October). *Virtual laboratory applications in chemistry education*. Paper presented at World Conference on Learning, Teaching & Administration, Cairo, Egypt.

Tatlı, Z. and Ayas, A. (January 2012). Virtual chemistry laboratory: effect of constructivist learning environment. *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE, 13(12),* 183-199.

Tekbıyık, A. ve Sağlam-Arslan, A. (2008, Eylül). *Elektrik akımı ve direnç konularının transpozisyon didaktik teorisi temelinde incelenmesi*, VIII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.

Tekdal, M. (2002, Eylül). Etkileşimli fizik simülasyonlarının geliştirilmesi ve etkin kullanılması, V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi'nde sunulann bildiri, ODTÜ, Ankara.

Tektaş, M., Tektaş, N., Onat, N., Gökmen, G., Koçyiğit, G., Akıncı, T.,Ç. (2010). *Web tabanlı yapay zekâ teknikleri eğitim simülatörlerinin hazırlanması* (Araştırma Raporu, Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı Proje Raporu). İstanbul, Türkiye: Marmara Üniversitesi.

Terry, C., Jones, G. and Hurford, W. (1985). Children's conceptual understanding of forces and equilibrium. *Physics Education*, *20,* 162-165.

Testa, I. and Michelini M. (2005, September). *Children's naive ideas/reasoning about some logic circuits explored in an informal learning environment*. Paper presented at Third International GIREP Seminar, Ljubljana.

Testa, I. and Michelini, M. (2006, August). Prospective primary teachers' functional models of electric and logic circuits: results and implications for the research in teacher education, Paper presented at GIREP Conference, Amsterdam, Netherlands.

Teodoro, V. D. (1998, November). *From formulae to conceptual experiments: interactive modelling in the physical sciences and in mathematics*. Paper presented at the International CoLos Conference New Network-Based Media in Education, Maribor, Slovenia.

Tiberghein, A. (2010). *Critical Review on the research aimed at elucidating the sense that the notions of electric circuits have for students aged 8 to 20 years.* International Summer Workshop, Research on Physics Education, France.

Treagust, F.,David, G.C. and Mamiala, L.T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, *24(4),* 357-368.

Trumper, R. (1996). A survey of Israeli physics students' conceptions of energy in pre-service training fro high school teachers. *Research in science & Technological Education*, *4(2),* 179-192.

Tveita, J. (2000). *Helping students to the electron model for simple circuits by use of a drama model and other untraditional learning methods*. Nesna University college, Norwey.

Tüysüz, C. (2010), The effect of the virtual laboratory on students' achievement and attitude in chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences, 2(1),* 37-53.

Tversky, B. (1993). Cognitive maps, cognitive collages, and spatial mental models. In A.U.Frank and I.Campari (Eds.), *Spatial information theory: A theoretical basis for GIS* (pp. 14-24) Berlin: Springer-Verlag.

Uzunkavak, M. (2004). *Lise ve dengi okul öğrencilerinin elektrik ve manyetizma öğreniminde karşılaştıkları kavram yanılgıları* (Yayınlanmamış doktora tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Ültay, N. and Çalık, M. (2011). Distinguishing 5E model from REACT strategy: An example of 'acids and bases' topic. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, *5(2),* 199-220.

Ünal, G. ve Ergin, Ö. (2006). Fen eğitimi ve modeller, *Milli Eğitim Dergisi, 171,* 188-196.

Ünal-Çoban, G. ve Kaya-Şengören, S. (2009). Fizik öğretmen adaylarının gölge konusundaki zihinsel modelleri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 25,* 1-8.

Ünsal, Y. ve Moğol, S. (2004). İşbirliğine dayalı öğrenmenin öğrencilerin fizik dersi akademik başarısına etkisi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, *40,* 616-627.

Van der Meij, J. (2007). Support for learning with multiple representations: Designing simulation-based learning environments, University of Twente, Enschede.

Van Driel, H.J. and Verloop, N. (1999). Teachers' Knowledge of Models and Modelling in Science. *International Journal of Science Education, 21(11),* 1141-1153.

Vidaurre, A., Rıera , J., Gıme´ Nez , M. H.., Monsorıu, J. A. (2001). *Contribution of digital simulation in visualizing physics processe.* Spain: Wiley Periodicals, Inc.

Vosniadou, S. and Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, *24,* 535-585.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction, 4,* 45-69.

Watts, D. M. and Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some children's ideas about force. *Physics Education, 16,* 360-365.

Webb, L. (1997) Investigating science. In A. Mcfarlane (Ed.). *Information technology and authentic learning. realising the potential of computers in the primary classroom.* London: Routledge.

White, R. and Gunstone, R. (1992). *Probing understanding.* London, UK: The Falmer Press.

Yağbasan, R. and Gülçiçek, Ç. (2003). Describing the characteristics of misconceptionsin science teaching. *Pamukkale University, Journal of Educational Faculty, 13,* 120-131.

Yalın, H. İ. (2001). *Öğretim teknolojileri ve materyal geliştirme*. Ankara: Nobel Yayıncılık.

Yavru, Ö. ve Gürdal, A. (1998). İlköğretim okullarının 4. ve 5. sınıflarında laboratuvar deneylerinin öğrencilerin mekanik konusundaki başarısına ve kavramları kazanmasına etkisi. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, *10,* 327-338.

Yeul, D. M. (2012). Gender level survey of student's conceptual knowledge about electricity and magnetism with physics expectancies, *Online International Interdisciplinary Research Journal, 2(5),* 216-219.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (*5. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Yiğit, N. ve Akdeniz, A. R. (2003). Fizik öğretiminde bilgisayar destekli etkinliklerin öğrenci kazanımları üzerine etkisi: Elektrik devreleri örneği. *GÜ Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23(3),* 99-113.

Yuksel, T. (2011). *Turkish eighth grade students' mental model representations about the nature of magnets and megnetic ınteractions* (Unpublished master's thesis). Purdue University, West Lafayette, Indiana.

Yürümezoğlu, K. ve Çökelez, A. (2010). Akım geçiren basit bir elektrik devresinde neler olduğu konusunda öğrenci görüşleri. *Türk Fen Eğitimi Dergisi, 7(3),* 147-166.

Zacharia Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students'conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning, 23,* 120–132.

Zou, X. (2000). *The use of multiple representation and visualization in student learning of ıntroductory physics: an exampla from work and energy documents* (Unpublished doctoral dissertation). The Ohio State University, USA.

8. EKLER

Ek 1. Resmi İzin Belgesi

T.C.
İSTANBUL VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 59090411-605.01- 17554
Konu : Anket (Özden KARAGÖZ)

11/02/2013

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
(Eğitim Bilimleri Enstitüsü)

İlgi : a) 04.0.2013 gün ve 145 sayılı yazınız.
b) İst. Valilik Makamının 08.02.2013 tarihli ve 17045 sayılı onayı.

Üniversiteniz Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi Bilim Dalı Doktora Öğrencisi Özden KARAGÖZ'ün **"Elektrik Akımı Konusunda 7E Modeline Dayalı Sanal Laboratuarı Ortamında Yürütülen Uygulamaların Öğrencilerin Zihinsel Modelleri Üzerindeki Etkileri"** konulu tezine ilişkin anket çalışması istemi hakkında ilgi (a) yazınız ilgi (b) Valiliğimiz Onayı ile uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve ilgi (b) Valilik Onayı doğrultusunda gerekli duyurunun araştırmacı anketçi tarafından yapılmasını, işlem bittikten sonra 2 (iki) hafta içinde sonuçtan Müdürlüğümüz Strateji Geliştirme Bölümüne rapor halinde bilgi verilmesini arz ederim.

M. Nurettin ARAS
Müdür a.
Şube Müdürü

EKLER:
Ek-1 Valilik Onayı.
2 Anket Soruları.

NOT: Verilecek cevapta tarih, numara ve dosya numarasının yazılması rica olunur.
STRATEJİ GELİŞTİRME BÖLÜMÜ E-Posta: sgb34@meb.gov.tr,
ADRES: İl Millî Eğitim Müdürlüğü D Blok Bab-ı Ali Cad. No:13 Cağaloğlu
Telefon: Snt.212 455 04 00 Dahili: 239

5070 Sayılı Kanuna Göre MEHMET NURETTİN ARAS tarafından Elektronik Olarak İmzalanmıştır.http://istanbul.meb.gov.tr/evraksorgu/ adresinden kontrol edebilirsiniz.

EK 2. Elektrik Konusuna Ait Kazanımlar

KAZANIMLAR	AÇIKLAMALAR
1. Elektrik akımı ile ilgili olarak öğrenciler; 1.1 Potansiyel farkını, bir iletkenin iki ucu arasında akım oluşmasına neden olabilecek enerji farkının bir göstergesi olarak ifade edildiğini hatırlayarak basit bir elektrik devresindeki rolünü açıklar (BİB-4.c, d). 1.2 Bir iletkenin üzerinden geçen akım ile iletkenin uçları arasındaki potansiyel farkı arasındaki ilişkiyi deneyerek keşfeder (PÇB-1.e, f, g 2.a, c, d, f 3.a, b, c, d, f, h) 1.3 Bir iletkenin direncinin bağlı olduğu faktörleri deneyle gösterir (PÇB-1.e, f, g 2.a, c, d, f 3.a, b, c, d, f, h). 1.4 Seri ve paralel devrelerde akım, direnç ve potansiyel farkı arasındaki ilşkiyi deneyerek gösterir (PÇB-1.e, f, g 2.a, c, d, f 3.a, b, c, d, f, h).	[!] 1.1 Elektrik devrelerinde elektrik enerjisi kaynaklarının bir potansiyel farkı oluşturduğunu ve potansiyel farkının gerilim olarak da adlandırılabildiği vurgulanır. [!] 1.1 Öğrenciler, evlerindeki veya okullarındaki elektrik prizlerine çeşitli maddeleri sokmamaları ve bunun tehlikeleri konusunda uyarılır. Yalıtkan maddelerin bazı durumlarda iletken olabilecekleri vurgulanır. ??? 1.2 “Elektrik akımı yüklerin pilin pozitif kutbundan çıkıp negatif kutbuna doğru hareket eder”, “Akım elektrik devre elemanları tarafından tüketilir.” ve “Akım pilin pozitif ve negatif kutbundan çıkıp ampul üzerinde çarpışır.” [!] 1.2 Akım, potansiyel fark ve enerji kavramlarının aynı şeyler olmadığı etkinliklerle fark ettirilmelidir. [!] 1.2 Öğrenciler Ohm yasasını keşfedecekleri devreleri kurarken ampermetre, volmetre, reosta gibi devre elemanlarının bağlanma şekillerinin gerekçeleri konusunda temel bilgiler verilmelidir. ▭ 1.3 Öğrenciler 7. sınıf Fen ve Teknoloji dersinde iletkenin direncinin dik kesit, cins ve uzunluğa göre değişimini bir ampulun parlaklığını gözlemleyerek irdelemişti. Bu düzeyde ise voltmetre ve ampermetre kullanarak kuracakları bir elektrik devresi ile keşfeder. |↔| 1.2 ve 1.3 R=V/I, formülü kavramlar arasındaki ilişkiyi ifade etme kolaylığı sağlayacağından bu düzeyde verilmelidir. ??? 1.4 “Seri bağlı ampuller paralel bağlı ampullerden her zaman daha parlak yanarlar” ve “Paralel bağlı ampuller seri bağlı ampullerden her zaman daha parlak yanarlar”

▭ **:** Diğer derslerle ikişkilendirme ???: Kavram yanılgısı [!]: Uyarı |↔| : Sınırlamalar

PÇB: Problem Çözme Becerileri

1. Araştırılacak bir problem belirler ve bu problemi çözmek için plan yapar.

e. Söz konusu problem veya araştırmadaki bağımlı, bağımsız ve kontrol edilen değişkenleri belirler.

f. Değişkenlerin ölçüleceği uygun ölçüm aracını belirler.

g. Problem için uygun bir çözüm tasarlar.

Ek 2'nin devamı

2. Belirlediği problemin çözümü için deney yapar ve veri toplar.

a. Uygun deney malzemelerini veya araç-gereçlerini tanır ve güvenli bir şekilde kullanır.

c. Kurduğu hipotezi sınamaya yönelik düzenekler kurar.

d. Hipotez test etme sürecinde kontrol edilen değişkenleri sabit tutarken, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçer.

f. Gözlem ve ölçümleri sonucunda elde edilen verileri düzenli bir biçimde birimleriyle kaydeder.

3. Problemin çözümü için elde ettiği verileri işler ve yorumlar.

a. Deney ve gözlemlerden toplanan verileri tablo, grafik, istatistiksel yöntemler veya matematiksel işlemler kullanarak analiz eder.

b. Analiz ve modelleme sürecinde sayısal işlem yaparken hesap makinesi, hesap çizelgesi, grafik programı vb. araçları kullanır.

c. Verilerin analizi sonucunda ulaştığı bulguları matematiksel eşitlikler gibi modellerle ifade eder.

d. Bulguları veya oluşturulan modeli yorumlar.

f. Problem çözümü esnasında yapılabilecek olası hata kaynaklarının farkına varır.

h. Araştırmanın sınırlılıklarını sonucu yorumlamada kullanır.

FTTÇ: Fizik-Teknoloji-Toplum-Çevre Kazanımları

1. Fizik ve teknolojinin doğasını anlar.

k. Teknolojik tasarımın bir süreç olduğunu ve çeşitli aşamalardan (tasarım özelliklerini belirlemek, ön-tasarım yapmak, iş bölümü yapmak, model ve simülasyondan faydalanmak, deneme üretimi ve ürünün değerlendirilmesi gibi) oluştuğunu anlar.

2. Fizik ve teknolojinin birbirini nasıl etkilediğini analiz eder.

e. Günlük yaşamda kullanılan teknolojik ürünlerin çalışma prensiplerini ve/veya işlevini bilimsel bilgiyi kullanarak açıklar.

f. Teknolojik bir tasarım yapar ve bu süreçte kullanılan bilimsel bilgiyi açıklar.

BİB: Bilişim ve İletişim Becerileri

4. İletişim becerileri geliştirir.

c. Fizikle ilgili iletişimlerinde (sözlü, yazılı, görsel vb.) uygun terminolojileri kullanır.

d. Karmaşık bilgileri açık, anlaşılır ve öz olarak ifade eder.

EK-3: 7E Öğrenme Modeli Kapsamında Sanal Laboratuvarlar Kullanılarak Geliştirilen Öğretmen Rehber Materyali

Ders: Fizik
Sınıf: 9
Ünite/Konu: Elektrik ve Manyetizma / Basit Elektrik Devreleri
Önerilen Süre: 360 dak. (8 ders saati)

Kazanımlar:

1. Elektrik akımı ile ilgili olarak öğrenciler;
   1 Elektrik akımı ile ilgili
   2 olarak öğrenciler;
   1.5 Potansiyel farkını, bir iletkenin iki ucu arasında akım oluşmasına neden olabilecek enerji farkının bir göstergesi olarak ifade edildiğini hatırlayarak basit bir elektrik devresindeki rolünü açıklar (BİB-4.c, d).
   1.6 Bir iletkenin üzerinden geçen akım ile iletkenin uçları arasındaki potansiyel farkı arasındaki ilişkiyi deneyerek keşfeder (PÇB-1.e, f, g 2.a, c, d, f 3.a, b, c, d, f, h)
   1.7 Bir iletkenin direncinin bağlı olduğu faktörleri deneyle gösterir (PÇB-1.e, f, g 2.a, c, d, f 3.a, b, c, d, f, h).
   1.8 Seri ve paralel devrelerde akım, direnç ve potansiyel farkı arasındaki ilşkiyi deneyerek gösterir (PÇB-1.e, f, g 2.a, c, d, f 3.a, b, c, d, f, h).

1. GÜN:

1. Merak Uyandırma Aşaması: *(Önerilen süre: 20 dk.) Bu aşama 3 bölümde ele alınmalıdır. Herbir aşama bir öncekiyle ilişkili olarak öğrencilere çeşitli sorular sorulur (BİB-4.c, d).*
Konuya başlamadan önce aşağıda yer alan sorular öğrencilere sorulur ve cevaplarıyla ilgili olarak öğrencilerin düşüncelerini ifade etmeleri sağlanır.

A. Bunları Biliyor muyuz?: Öğrencilerin var olan bilgilerini ölçmeyi hedefleyen etkinliktir. Öğrencilerin sahip oldukları önbilgiler not edilir.
B. Biraz Düşünelim: Öğrencilerin var olan bilgileriyle kavramsal bir çelişki oluşturulur.
C. Bak ve Görmeye Çalış: Etkinliklere başlamadan önce öğrenciler soruda belirtilen durumu çözmek için sınıf içerisinde deneme yapmaya çalışırlar.
Sınıf içerisinde birden fazla elektrikli aleti, elektrik prizine takıp çıkartarak sınıfta yanmakta olan lambanın parlaklığının değişip-değişmeyeceği gözlemlenir. Öğrencilerin bu konudaki fikirleri not edilir.

A. Bunları Biliyor muyuz?

- Evlerimizde aynı anda hem çamaşır hem de bulaşık makinasını çalıştırabilir, TV izlerken ütü yapabiliriz ve bunları yaparken odadaki lambalar yanabilmektedir. Bu durumu nasıl açıklarsınız?
- Evinizdeki bir cihazın fişini takınca elektrik şebekesine nasıl bağlandığını biliyor musunuz?
- Elektrikle çalışan cihazlar, elektrik şebekesine ne şekilde bağlanabilir? Bu bağlama şekilleri, dirençler için de geçerli midir?

Ek 3'ün devamı

B. ***Biraz Düşünelim!***

- Aynı oda içerisinde yer alan elektrik aletlerin bazıları kapalı bazıları açık olabilir. Hepsi aynı anda çalıştırıldığında, elektrikli cihazlar bundan nasıl etkilenir? Odaya eklenecek bir elektrikli cihazın, diğer cihazlar üzerinde nasıl bir etkisi olabilir? Açıklayınız.

C. ***Bak ve Görmeye Çalış!***

- Evlerimizde elektrik ile çalışan bazı cihazlar kapanıp açıldığında diğer cihazlar nasıl etkilenir? Örneğin, mutfakta fırın çalışırken sürekli olarak çalışan buzdolabı nasıl etkilenir? Bunu diğer elektrikli aletleri de kullanarak nasıl test edersiniz? Öğrendiklerinizi ve düşündüklerinizi yazınız.

2. Keşfetme Aşaması: *(Önerilen süre: 20 dk.) Bu aşamada öğrencilere değişkenleri belirleme, hipotez kurma, deney yapma, hipotezlerini test etme ve düzeltme imkanı verilir (PÇB-1.e).*
Bilimsel araştırmanın doğası gereği öğrenciler etkinliklere başlamadan önce sınıf içersinde test ettikleri durumla ilgili ya da daha önceden kullanımını öğrendikleri sanal laboratuvar programını kullanarak bunu test edebilirler. Programda yer alan nesneleri inceleyerek tanıyabilir ve not edebilirler.
Öğrenciler tarafından oluşturulan hipotezlerin bilimsel gerçeklikle doğru olması zorunlu değildir. Öğrencilerin yapacakları etkinlikler sonucunda bunu kendileri tespit edeceklerdir.
Bilimsel gerçeklikte olması gereken ve öğrencilerden beklenen cevaplar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

	1. Durum	*2. Durum*
Bağımsız Değişken:	*Ampul sayısı*	*Pil sayısı*
Bağımlı Değişken:	*Ampul parlaklığı*	*Ampul parlaklığı*
Kontrol Edilen Değişken:	*Pil sayısı*	*Ampul sayısı*

Öğrenciler ikişerli gruplar halinde bilgisayar sınıfında yer alan sanal laboratuvar programı yüklü bilgisyarlara oturup deneyler yapmaya başlayabilirler. Hipotez kurarken doğru cevabı içermeyen ama öğrencileri yönlendirebilecek soru ve cümlelerle yardımcı olunabilir.
Müfredatta yer alan ve fizik kitabı içerisindeki etkinliklerde yer alan devre elamanlarına ait bilgiler ağaşıdaki tabloda gösterilmiştir.

Ek 3'ün devamı

İsim	*Sembol*	*Şekil*
Bağlantı kablosu		
Pil		
Lamba		
Direnç		
Reosta		
Devre anahtarı		
Ampermetre	A	
Voltmetre	V	
Duy		
Pil yatağı		

D. <u>Keşif Zamanı!</u>

- Deneyleri tasarlamaya başlamadan önce aşağıdaki adımları takip ederek bilgilerinizi paylaşınız.

Ek 3'ün devamı

1. ADIM. Değişkenleri Belirle: Sizce bu deneydeki değişkenler neler olabilir?	
Bağımsız Değişken:	
Bağımlı Değişken:	
Kontrol Edilen Değişken:	
2. ADIM. Hipotez cümleni kur: Bu deneyde kurabileceğiniz hipotez/ hipotezler nedir?	
Hipotez-1:	
Hipotez-2:	
Hipotez-3:	

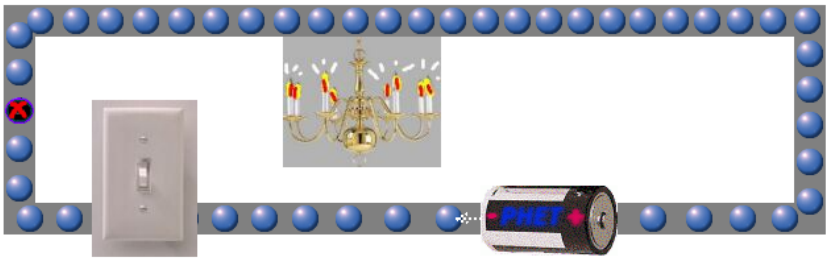
- Basit bir elektrik devresindeki devre elemanlarının isimlerini yazınız, sembol ve şekillerini çiziniz.

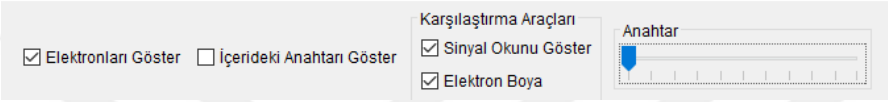
Devre elemanının ismi	Devre elemanının sembolü	Devre elemanının şekli

2. Keşfetme Aşaması Devamı: *(Önerilen süre: 10 dk.) Phet programı kullanılarak öğrencilere elektrik akımı ve elektronların yönlerini bulabilecekleri basit bir sanal laboratuvar ile uygulama yapmaları istenir.*

- Elektrik devresindeki akım ve elektronların hareketini bulalım.

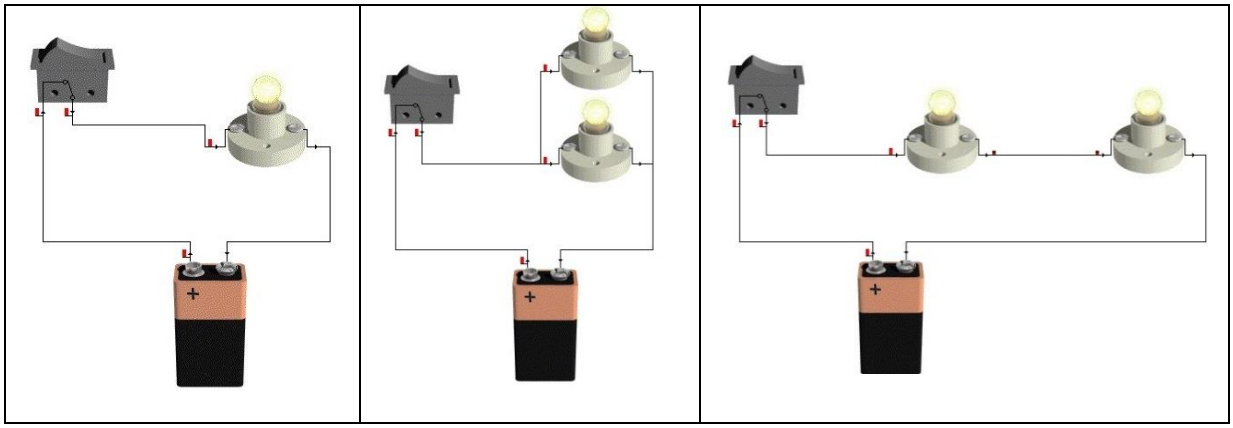
Ek 3'ün devamı





Keşfetme Aşaması Devamı: *(Önerilen süre: 30 dk.) Öğrencilere oluşturdukları hipotezleri test etmeleri için sanal laboratuar programlarını kullanarak test etme imkânı tanınır. Bu aşama bazen uzun sürebilir. Öğretmen bu süreçte doğru cevabı içermeyen ama öğrencileri yönlendirebilecek soru ve cümlelerle devreye girmelidir (PÇB-1.e, f, g 2.a, c, d, f).*
Sanal laboratuvar programı kullanılarak yapılan tüm etkinliklerin bilgisayara kaydetmeleri istenir. Öğrenciler bu konuya öğrenmeye başlmadan önce sanal laboratuvar programının doğru ve etkin kullanımı konusunda eğitim aldıklarından dolayı, elektrik devresi oluştururken kullanım sıkıntısı yaşamayacakları düşünülmektedir.
Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin hangi sütunlara yazılacağı konusunda küçük yönlendirmelerde bulunulabilir.

- İletken tellerle bu devre elemanlarını çeşitli şekillerde birleştiriniz
- Örnek şekiller üzerinden yola çıkarak birden fazla lamba ve direnci çeşitli şekillerde bağlayınız
- Oluşturduğunuz elektrik devrelerine ampermetre ve voltmetre bağlayınız.



- Oluştruduğunuz bir elektrik devresi için akım ve potansiyel fark değerlerini ayrı ayrı değiştirerek elde ettiğiniz verileri tabloya yazınız.
- Oluşturduğunuz deney düzeneklerini bilgisayarınıza kaydetmeyi unutmayınız.

Ek 3'ün devamı

Seri Bağlı Devre için…

Üretecin Potansiyel Farkı (V)	Voltmetrede Okunan Değer (V)	Ampermetrede Okunan Değer (I)	V/I

Paralel Bağlı Devre için…

Üretecin Potansiyel Farkı (V)	Voltmetrede Okunan Değer (V)	Ampermetrede Okunan Değer (I)	V/I

Tahminlerde bulun: Eğer hipotezlerin doğruysa ne gibi tahminlerde bulunabilirsin?
……
……
……
……
……

3. Açıklama Aşaması: *(Önerilen süre: 20 dk.) Bu aşamada öğrenciler, önceki aşamada elde ettikleri verileri kullanarak genel bir yargıya varmaları istenir. Elde ettikleri verileri kullanarak grafik oluşturmaları ve hesaplama yapmaları istenir. Elde edecekleri bu sonuç onları "Ohm yasası"na götürecektir. Bu konuda öğrencilere gerektiği yerlerde yönlendirme yapılabilir fakat kesinlikle direkt olarak sonuç söylenmemelidir (PÇB-1.e, f, g 2.a, c, d, f 3.a, b, c, d, f, h).*
Öğrenciler önceki derste, sanal laboratuvar programı kullanarak oluşturdukları ve kaydettikleri deney dosyalarını açarak elde ettikleri ve tabloya yazdıkları veriler doğrultusunda, matematiksel hesaplamalar yaparak grafik oluşturular. Hangi grafiği çizecekleri direkt söylenmemelidir. Öğrencilerden belirledikleri bağımlı ve bağımsız değişkenler doğrultusunda yorum yapmaları istenir. Gerekli görüldüğü durumlarda yönlendirmeler yapılabilir. Grafik çizmenin ve yorumlamanın öneminden bahsedilir. Elde ettikleri verileri kurdukları hipotezlerle karşılaştırıp düzenlemeleri gerektiği belirtilir.
Öğrencilerden matematiksel ifadeler için çalışma yapraklarındaki boş bölümü kullanmaları istenir.

Ek 3'ün devamı

- Sanal laboratuar programı kullanarak oluşturduğunuz bir devre üzerinde farklı akım ve potansiyel fark değerleri için bir grafik çiziniz.

Grafik çiz
Hesaplamalar:

Grafikteki hesaplamaları kullanarak hipotezleriniz hakkında yorumlarda bulununuz.
……
……..
……
……..
……
……..

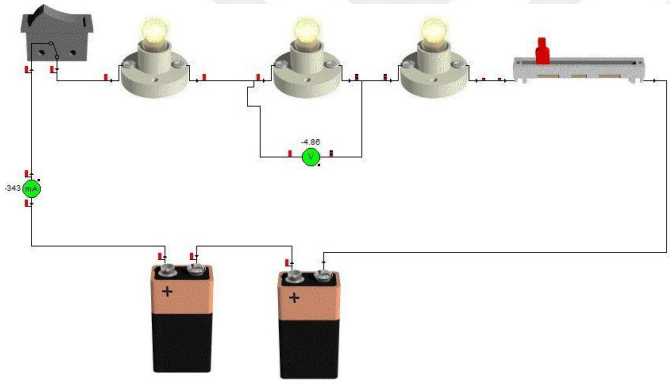
Ek 3'ün devamı

Sonuç çıkar: Daha önceki deneyleri de düşünerek sizce hangi sonuçlara varılabilir?

Sonuç-1:	
Sonuç-2:	
Sonuç-3:	

4. Detaylandırma Aşaması: *(Önerilen süre: 20 dk.) Bu aşamada öğrencilerden bir reosta kullanarak farklı değerleri için akım ve potansiyel fark değerlerini not etmeleri istenir (PÇB-1.g 2.a, c, d, f 3.a, b, c, d, f, h).*
Öğrenciler, lamba ve direnç kullanarak oluşturdukları deney düzeneklerininin benzerini reosta kullanarak oluşturmaları ve sonuçları karşılaştırmaları istenir.

Farklı Durumlara Uygulama Zamanı



- Yandaki şekilde reosta kullanılarak oluşturulan örnek bir elektrik devresi gösterilmektedir. Siz de bu deney setini oluşturarak reostanın alacağı farklı değerler için elde ettiğiniz potansiyel fark ve akım değerlerini aşağıdaki tabloya not ediniz.

V (Potansiyel Fark)	I (Akım)	V/I

Reosta kullanarak oluşturduğunuz elektrik devresinden elde ettiğiniz potansiyel fark ve akım değerleri arasındaki ilişki hakkındaki görüşleriniz nelerdir? Reosta kullanmadan oluşturduğunuz devrelerle benzerlik ve farklılıklar var mıdır?

……
……
……
……
……

Ek 3'ün devamı

5. İlişkilendirme Aşaması: *(Önerilen süre: 20 dk.) Öğrencileri günlük yaşamda gördükleri bir konuyu ele alarak araştırmaya sevk edecek aşağıdaki örnek soru sorulur. Herbir grup kendi içerisinde sorunun cevabını arar (PÇB-2.a, c, d, f 3.a, b, c, d, f, h).*

İlişkilendirme Zamanı

- Yılbaşı ağaçlarının üzerinde birçok yanıp sönen lambaları görmüşsünüzdür. Sizce bu kadar çok lamba ne şekilde bağlanmış olabilir? Nasıl yanıp-sönebilir? Açıklayabilir misiniz?

……
……
……
……

6. Paylaşma/Fikir Alışverişi Aşaması: *(Önerilen süre: 25 dk.) Öğrencilerden yaptıkları deneylerden elde ettiği verileri ve sonuçları sınıf içerisinde tartışmaları istenir. Öncelikli olarak bu tartışmaların 5-10 dk. süresince grup içerisinde daha sonra sınıf ortamında tartışarak günlük hayatta karşılaştığımız farklı durumlardan örnekler sunarak yapmaları istenir. Öğretmen iyi bir dinleyici olarak tartışmaları konu dışına taşmadığı sürece müdahale etmeden dinler ve gerekli yerlerde yönlendirmelerde bulunur (PÇB- 3. d, f, h).*

Paylaşma Zamanı

Deney hakkındaki elde ettiğin sonuçları arkadaşlarınızla paylaşınız. Sınıftaki diğer arkadaşlarınızla tartışarak günlük hayattaki başka uygulamalar hakkında düşündüklerinizi yazınız.
……
……
……
……
……

7. Değerlendirme Aşaması: *(Önerilen süre: 15 dk.) Öğrenciler yaptıkları deneylerle ilgili olarak öncelikle çalışma yapraklarında yer alan sorulara cevap bulmaları istenir. Daha sonra anlaşılmayan ve yanlış yapılan bölümler tekrar gözden geçirilip sınıf içerisinde özetlenebilir. Öğrencilerin soruları sınıf içerisinde tartışılarak çözüm bulmaları istenir. Çalışma yaprakalrında yer alan sorulara öğrencilerin vermesi gereken cevaplar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.*

Ek 3'ün devamı

Soru-1:	*Lambaları elektrik devresine ne şekilde bağladığınızda yandı?* *Seri ve paral olarak kapalı devrelerde kurduğumuzda ampulun yandığı görüldü.*
Soru-2:	*Çizdiğiniz grafiklerin eğimleri size hangi büyüklüğü verdi?* *Potansiyel fark ve akım grafiğindeki doğrunun eğimi (V/I) "direnç"i verdi. Oluşturulan tüm deney düzeneklerindeki V/I oranı sabit olduğu görüldü. Bu da bizi Ohm yasasına ulaştırdı.*
Soru-3:	*Grafikleriniz sıfırdan geçmeli miydi? Neden?* *Eğer bir devredeki potansiyel fark "0" ise, akımda "0" olur. O nedenle geçmeliydi.*
Soru-4:	*Her bir deney düzeneği için V/I değeri sabit mi? Neden?* *Ohm yasası tüm elektrik devreleri için geçerli olduğundan dolayı tüm devrelerde V/I oranı sabit olup, devrenin direncine eşittir.*

Öğrendiklerimi Değerlendiriyorum

- Sanal laboratuar programı kullanarak yaptığınız deneylerden elde ettiğiniz bilgi ve becerileri kullanarak aşağıdaki soruları cevaplandırınız.

Soru-1:	**Lambaları elektrik devresine ne şekilde bağladığınızda yandı?**
Soru-2:	Çizdiğiniz grafiklerin eğimleri size hangi büyüklüğü verdi?
Soru-3:	Grafikleriniz sıfırdan geçmeli miydi? Neden?
Soru-4:	Her bir deney düzeneği için V/I değeri sabit mi? Neden?

Görüş ve Önerileriniz

Yapılan uygulamalar için öneri ve görüşlerinizi bildiriniz.

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

EK 4. Uzmanlara Yönelik Materyal Değerlendirme Ölçeği

Yapısal Değerlendirme

İfadeler *Hazırlanan ders materyali…*	Olumlu / Olumsuz	Uzman Görüşleri
9. sınıf öğrencileri için uygun ve anlaşılırdır.		
basit elektrik devreleri ile ilgili kazanımları kapsamaktadır.		
basit elektrik devreleri ile ilgili kavramları buldurmaya yöneliktir.		
2+2+2 ders saatinde yapılması için uygundur. (Haftada 2 saat fizik dersi olan bir sınıf için)		
içerisinde yer alan her bir aşamada yapılması gerekenler düzgün bir şekilde belirtilmiştir.		
sınıf içerisinde rahatlıkla kullanılabilir yapıdadır.		
dili anlaşılırdır.		
içerisinde yer alan etkinlikler yeterlidir.		
kullanılan resimler uygun ve anlaşılırdır.		
içerisinde yer alan tabloların yerleşimi ve sırası uygundur.		
içerisinde kullanılan renkler ve grafikler öğrenci seviyesine uygundur.		
içerisinde yer alan yönergeler anlaşılırdır.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programı doğru etkinlikler için kullanılmaktadır.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programı, öğrenci seviyesine uygundur.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programın grafikleri, öğrenci seviyesine uygundur.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programında yer alan örnek deney setleri, öğrenci seviyesine uygundur.		

İçeriksel Değerlendirme

İfadeler Hazırlanan ders materyali…	Olumlu / Olumsuz	Uzman Görüşleri
öğrenciyi konuya motive edici niteliktedir.		
öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkaracak yeterliliktedir.		
içerisinde yer alan etkinlikler, kazanımlara uygundur.		
içerisinde yer alan etkinlikler, öğrenci seviyesine uygundur.		
içerisinde yer alan örnekler günlük hayattaki örneklerle ilişkilidir.		
öğrenciyi eleştirel düşünmeye yönlendirecek şekildir.		
öğrenciyi araştırma, inceleme yapmaya yönlendirmektedir.		
öğrencilerin kendilerini değerlendirebilecek etkinlikleri içermektedir.		
7E öğrenme modeline uygun olarak düzenlenmiştir.		
7E öğrenme modelinin 1. basamağı olan “Merak uyandırma” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 2. basamağı olan “Keşfetme” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 3. basamağı olan “Açıklama” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 4. basamağı olan “Detaylandırma” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		

Ek 4'ün devamı

7E öğrenme modelinin 5. basamağı olan "İlişkilendirme" aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 6. basamağı olan "Paylaşma" aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 7. basamağı olan "Değerlendirme" aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
içerisindeki etkinliklerin sırası, öğrenciyi sonuca götürecek şekilde doğru olarak verilmiştir.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programı öğrenciye deneme-yanılma yapma imkanı sunmaktadır.		
ile kullanılan sanal laboratuvar öğrenciye oluşturdukları devrelerle ilgili hesaplama yapmalarına yardımcı olmaktadır.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programı, doğru etkinlikler için kullanılmaktadır.		

EK 5. Öğretmenlere Yönelik Materyal Değerlendirme Ölçeği

Yapısal Değerlendirme		
İfadeler ***Hazırlanan ders materyali…***	Evet/ Kısmen / Hayır	Açıklama
9. sınıf öğrencileri için uygun ve anlaşılırdır.		
basit elektrik devreleri ile ilgili kazanımları kapsamaktadır.		
basit elektrik devreleri ile ilgili kavramları buldurmaya yöneliktir.		
2+2+2 ders saatinde yapılması için uygundur. (Haftada 2 saat fizik dersi olan bir sınıf için)		
içerisinde yer alan her bir aşamada yapılması gerekenler düzgün bir şekilde belirtilmiştir.		
sınıf içerisinde rahatlıkla kullanılabilir yapıdadır.		
dili anlaşılırdır.		
içerisinde yer alan etkinlikler yeterlidir.		
kullanılan resimler uygun ve anlaşılırdır.		
içerisinde yer alan tabloların yerleşimi ve sırası uygundur.		
içerisinde kullanılan renkler ve grafikler öğrenci seviyesine uygundur.		
içerisinde yer alan yönergeler anlaşılırdır.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programı doğru etkinlikler için kullanılmaktadır.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programı, öğrenci seviyesine uygundur.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programın grafikleri, öğrenci seviyesine uygundur.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programında yer alan örnek deney setleri, öğrenci seviyesine uygundur.		

İçeriksel Değerlendirme		
İfadeler **Hazırlanan ders materyali …**	Evet/ Kısmen / Hayır	Açıklama
öğrenciyi konuya motive edici niteliktedir.		
öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkaracak yeterliliktedir.		
içerisinde yer alan etkinlikler, kazanımlara uygundur.		
içerisinde yer alan etkinlikler, öğrenci seviyesine uygundur.		
içerisinde yer alan örnekler günlük hayattaki örneklerle ilişkilidir.		
öğrenciyi eleştirel düşünmeye yönlendirecek şekildir.		
öğrenciyi araştırma, inceleme yapmaya yönlendirmektedir.		
öğrencilerin kendilerini değerlendirebilecek etkinlikleri içermektedir.		
7E öğrenme modeline uygun olarak düzenlenmiştir.		
7E öğrenme modelinin 1. basamağı olan “Merak uyandırma” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 2. basamağı olan “Keşfetme” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 3. basamağı olan “Açıklama” aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		

Ek 5'in devamı

7E öğrenme modelinin 4. basamağı olan "Detaylandırma" aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 5. basamağı olan "İlişkilendirme" aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 6. basamağı olan "Paylaşma" aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
7E öğrenme modelinin 7. basamağı olan "Değerlendirme" aşamasını kapsayan etkinlik içermektedir.		
içerisindeki etkinliklerin sırası, öğrenciyi sonuca götürecek şekilde doğru olarak verilmiştir.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programı öğrenciye deneme-yanılma yapma imkanı sunmaktadır.		
ile kullanılan sanal laboratuvar öğrenciye oluşturdukları devrelerle ilgili hesaplama yapmalarına yardımcı olmaktadır.		
ile kullanılan sanal laboratuvar programı, doğru etkinlikler için kullanılmaktadır.		

Ek 6. Öğrenci Çalışma Yaprakları

ELEKTRİK DEVRELERİ

D. *Bunları Biliyor muyuz?*

Evlerimizde aynı anda hem çamaşır hem de bulaşık makinasını çalıştırabilir, TV izlerken ütü yapabiliriz. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

……
……
……
……
……

Evinizdeki bir cihazın fişini takınca elektrik şebekesine nasıl bağlandığını biliyor musunuz?

……
……
……

Elektrikle çalışan cihazlar, elektrik şebekesine kaç farklı şekilde bağlanabilir? Bu bağlama şekilleri, dirençler için de geçerli midir?

……
……
……
……
……

E. *Biraz Düşünelim!*

Aynı oda içerisinde yer alan elektrik aletlerin bazıları kapalı bazıları açık olabilir. Hepsi aynı anda çalıştırıldığında, elektrikli cihazlar bundan nasıl etkilenir? Odaya eklencek bir elektrikli cihazın, diğer cihazlar üzerinde bir etkisi olabilir mi?

……
……
……

F. *Bak ve Görmeye Çalış!*

Evlerimizde elektrik ile çalışan bazı cihazlar kapanıp açıldığında diğer cihazlar nasıl etkilenir? Örneğin, mutfakta fırın çalışırken sürekli olarak çalışan buzdolabı nasıl etkilenir? Bunu diğer elektrikli aletleri de kullanarak test eder misiniz? Öğrendiklerinizi ve düşündüklerinizi yazınız.

……
……
……

Ek 6'nın devamı

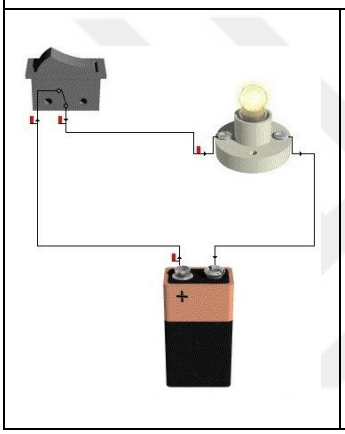
D.Keşif ***Zamanı***	
Yapmayı planladığınız deneyler ile ilgili aşağıdaki adımları takip ediniz.	
3. **ADIM.** Değişkenleri Belirle: Sizce bu deneydeki değişkenler neler olabilir?	
Bağımsız Değişken:	
Bağımlı Değişken:	
Kontrol Edilen Değişken:	
4. ADIM. Hipotez cümleni kur: Bu deneyde kurabileceğiniz hipotez/ hipotezler nelerdir?	
Hipotez-1:	
Hipotez-2:	
Hipotez-3:	

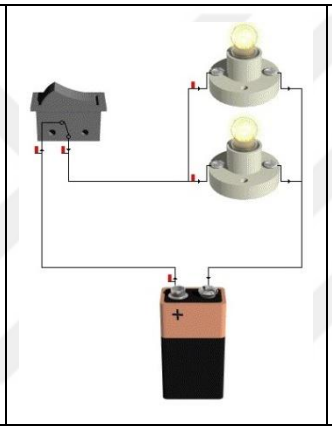
E.Deney Zamanı

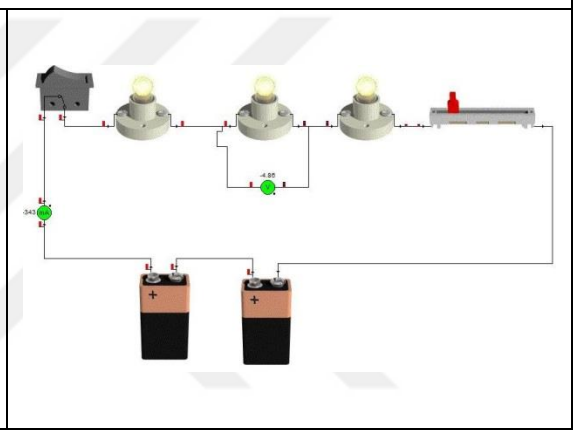
Basit bir elektrik devresindeki devre elemanlarının isimlerini yazınız, sembol ve şekillerini çiziniz.		
Devre elemanının ismi	**Devre elemanının sembolü**	**Devre elemanının şekli**

Ek 6'nın devamı

- İletken tellerle bu devre elemanlarını çeşitli şekillerde birleştiriniz.
- Örnek şekiller üzerinden yola çıkarak birden fazla lamba ve direnci çeşitli şekillerde bağlayınız.
- Oluşturduğunuz elektrik devrelerine ampermetre ve voltmetre bağlayınız.







- Oluştruduğunuz bir elektrik devresi için akım ve potansiyel fark değerlerini ayrı ayrı değiştirerek elde ettiğiniz verileri tabloya yazınız.
- Oluşturduğunuz deney düzeneklerini bilgisayarınıza kaydetmeyi unutmayınız.

Potansiyel Fark (V)	Akım (I)	V/I

Tahminlerde bulun: Eğer hipotezlerin doğruysa ne gibi tahminlerde bulunabilirsin?

……
……
……
……
……
……

Ek 6'nın devamı

F.Açıklama ***Zamanı***

Grafik çizelim
Hesaplamalar:

Ek 6'nın devamı

G.Sonuç Çıkar

Yaptığınız deneylerden ve denemelerden yola çıkarak sizce hangi sonuçlara varılabilir?

Sonuç-1:

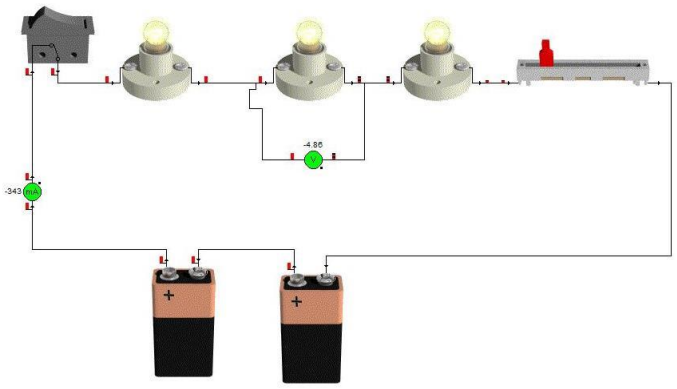
Sonuç-2:

Sonuç-3:

Grafikteki hesaplamaları kullanarak bir hipotezleriniz hakkında yorumlarda bulununuz.

……
……
……
……
……

H.Farklı Durumlara Uygulama Zamanı



Yandaki şekilde reosta kullanılarak oluşturulan örnek bir elektrik devresi gösterilmektedir. Siz de bu deney setini oluşturarak reostanın alacağı farklı değerler için elde ettiğiniz potansiyel fark ve akım değerlerini aşağıdaki tabloya not ediniz.

V (Potansiyel Fark)	I (Akım)	V/I

Reosta kullanarak oluşturduğunuz elektrik devresinden elde ettiğiniz potansiyel fark ve akım değerleri arasındaki ilişki hakkındaki görüşleriniz nelerdir? Reosta kullanmadan oluşturduğunuz devrelerle benzerlik ve farklılıklar var mıdır?

……
……
……
……
……
……
……
……

Ek 6'nın devamı

I. İlişkilendirme Zamanı:

Yılbaşı ağaçlarının üzerinde birçok yanıp sönen lambaları görmüşsünüzdür.

Sizce bu kadar çok lamba ne şekilde bağlanmış olabilir?

Nasıl yanıp-sönebilir? Açıklayabilir misiniz?

……

……

……

……

İ. Paylaşma Zamanı

Deneyler hakkında genel sonuçlara maddeler halinde sıralamadan edindiğin bilgi ve deneyimleri arkadaşlarınızla paylaşınız. Sınıftaki diğer arkadaşlarınızla tartışarak günlük hayattaki başka uygulamalar hakkında düşündüklerinizi yazınız.

……

……

……

……

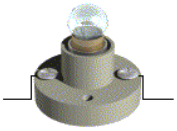
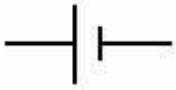
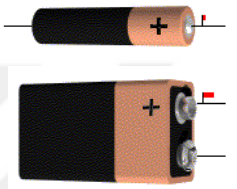
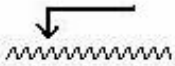
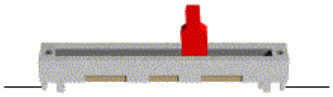
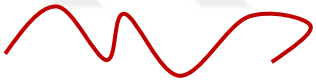
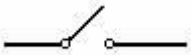
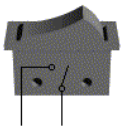
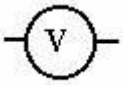
J. Öğrendiklerimi Değerlendiriyorum

Sanal laboratuar programı kullanarak yaptığınız deneylerden elde ettiğiniz bilgi ve becerileri kullanarak aşağıdaki soruları cevaplandırınız.

Soru-1:	Lambaları elektrik devresine ne şekilde bağladığınızda yandı?
Soru-2:	Çizdiğiniz grafiklerin eğimleri size hangi büyüklüğü verdi?
Soru-3:	Grafikleriniz sıfırdan geçmeli miydi? Neden?
Soru-4:	Her bir deney düzeneği için V/I değeri sabit mi? Neden?

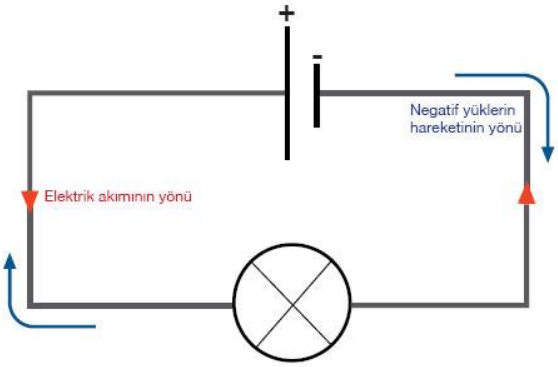
EK 7. Elektrik Kavram Testi ve Başarı Sorularının Öncül Analizi

1-Bir elektrik devresinde bulunan elemanların isimlerini, sembollerini ve şekillerini çizebilir misiniz?

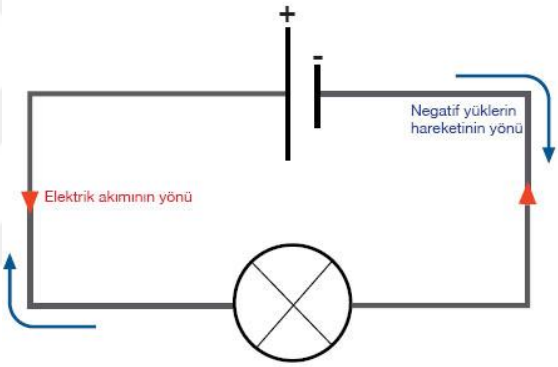
Devre Elemanları	Sembol	Şekil
Ampul		 (Ampul+Duy)
Pil		
Direnç		
Reosta		
Bağlantı kabloları		
Anahtar		
Ampermetre		
Voltmetre		
Pil yatağı	-	

Ek 7'nin devamı

2-Basit bir devre çizerek yüklerin hareketlerini gösteriniz.



3-Basit bir devrede akımın hareketleri nasıldır? Şekil çizerek gösterebilir misiniz?



4-Elektrik ile akım arasında nasıl bir ilişki vardır? Açıklayınız.

Cevap: Elektrik elektriksel yükün varlığı ve akışından meydana gelen çeşitli olguları tanımlayan sözcüktür. 'Elektrik' denilirken aslında 'elektrik akımı'ndan bahsedilmektedir.

5-Üretecin (pilin) elektrik devresindeki görevi nedir?

Cevap: Pilin asıl görevi, elektronların enerji ihtiyacını karşılamaktır. Elekktronların bu enerjiyi birbirine aktarması elektrik akımını oluşturur.

6-Elektrik akımı dirençten geçerken kayba uğrar mı? Nedenini açıklayınız.

Cevap: Evet uğrar. Direnç, iletkenin yapıldığı maddenin elektrik akımına karşı koymasının bir ölçüsüdür. Bir iletkenden akımın geçmesi elektronların titreşerek enerjilerini birbirine aktarması ile mümkündür.

7-Akım ve direnç arasında bir ilişki var mıdır? Açıklayınız.

Cevap: Ters orantı vardır. Ohm yasasına göre I=V/R bağıntısı bulunmaktadır.

Ek 7'nin devamı

8- Direnç, potansiyel farkı artırır mı? Neden?

Cevap: Evet arttırır. Çünkü Ohm yasasından dolayı "V=IR" bağıntısı bulunmaktadır. Yani doğru orantılıdır.

9- Direncin büyüklüğü elektrik enerjisini etkiler mi? Açıklayınız.

Cevap: Elektronların titreşmesi iletkenlerin fiziksel özelliklerine yani iletkenin direncine bağlı olarak değişir. Dolayısıyla direncin büyüklüğü elektrik enerjisinin azalmasına neden olur.

10- Elektrik enerjisiyle, elektrik akımı arasında fark var mıdır? Açıklayınız.

Cevap: Elektrik enerjisi, enerji türüdür ve elektronların titreşmesini sağlar. Elektrik devresindeki durgun elektron pilden aldığı enerjiyi titreşim yoluyla diğer elektronlara aktarır. Enerji, akım ile ilişkili olup birbirlerinin oluşumuna katkı sağlar.

11- Basit bir elektrik devresinde ampulü yakan nedir?

Cevap: Elektronların pilden alıp birbirlerine aktardığı enerji ampılde ışık ve ısı enerjisine dönüşür. Çünkü ampul enerji dönüşümü sağlayan bir araçtır. Pildeki potansiyel enerji, depolanmış ve kullanıma hazır enerjidir.

Ek 7'nin devamı

12- Ampul yanarken pilde ne olur?

Cevap: Potansiyel enerjisinde azalma meydana gelir.

13- Ampul yanarken kabloda ne olur?

Cevap: Negatiğf yükler (elektronlar) pilden enerji alır. Pilden enerji alan bu elektronlar iletken kablo içinde bir titreşim hareketi ile bir başka elektrona aktarır. Yani akım oluşur. Enerji aktarımından dolayı kabloda ısınma meydana gelir.

14- Ampul ne zamana kadar yanar?

Cevap: Potansiyel enerjisi tükenen kadar.

15- Ampul yandığında elektrik neye dönüşür?

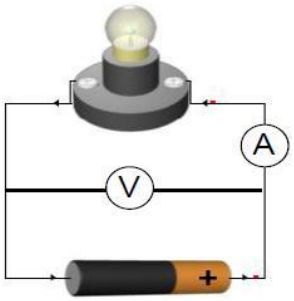
Cevap: Elektronların birbirine aktardığı enerji, ampulde ısı ve ışık enerjisine dönüşür.

Ek 7'nin devamı

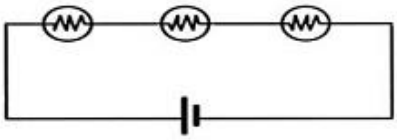
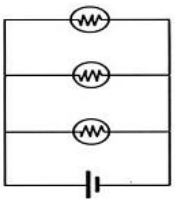
16- Basit bir elektrik devresi tasarlayınız. Devreye ampermetre ve voltmetre bağlayınız.

Cevap:

Ampermetre seri, voltmetre paralel bağlanır.



17- 3 adet lambayı seri ve paralel bağlayarak parlaklıkları hakkında yorumlar yapınız. Üzerlerinden geçen akım ve gerilim hakkında bilgi veriniz.

Seri Devre	Paralel Devre
	
Ampullerden biri duydan sökülünce, devre kesileceğinden akım geçmez ve diğer ampuller söner.	Ampullerden biri duydan söküldüğünde devreden akım geçmeye devam eder.
Ampullerin tamamından geçen akım şiddeti aynıdır. $I=I_1=I_2=I_3$	Devredeki toplam akım her bir ampulden geçen akımların toplamı kadardır. $I=I_1+I_2+I_3$
Ampullerin uçlarındaki gerilim farklı olduğundan dolayı devredeki toplam potansiyel fark: $V= V_1+V_2+V_3$	Ampullerin uçları arasındaki gerilim eşittir: $V= V_1=V_2=V_3$
Devredeki toplam direnci bulmak için tüm dirençler toplanır. $R_{toplam}=R_1+R_2+R_3$	Devredeki toplam direnci: $1/R_{toplam}=1/R_1+1/R_2+1/R_3$
- Lambaların parlaklığı eşittir. - Devreye takılan pil sayısı arttıkça lambaların parlaklığı artar. - Pil sayısı artsa bile pilin dayanma süresi değişmez.	- Paralel bağlı devrede lamba sayısı arttıkça pillerin dayanma süresi azalır.
Tek devreli ampule göre az parlak yanar çünkü direnç artmış ve akım azalmıştır. Daha fazla ampul eklense parlaklık azalır (örneğin 3 ampullü olsa) çünkü direnç daha fazla olur.	Tek devreli ampulle aynı parlaklıktadır. Ama seriye göre fazla parlaktır çünkü bu devrede direnç azalmıştır (3 ampulde olsa parlaklık değişmez).
Ampullerden biri patlarsa diğeri de söner. Çünkü devre tamamlanmamış olur.	Ampullerden biri patlasa bile diğeri yanmaya devam eder. Devre tamamlanır.

EK-8. Uzmanlara Yönelik Elektrik Devreleri Kavram Testi Geri Dönüt Formu

1. Kazanımlar, Basit Elektrik Devreleri konusundaki bütün alt konuları ve kavramları yansıtıyor mu?

2. Sorular Basit Elektrik Devreleri konusundaki yönelik yazılmış bütün kazanımları kapsıyor mu?

3. Sorular Basit Elektrik Devreleri konusundaki bütün alt konuları ve kavramları yansıtıyor mu?

4. Testin dili 9. sınıf öğrencileri için uygun seviyede mi?

5. Test okunabilir ve anlaşılabilir mi?

6. Bu test bir ders saati içinde uygulanması düşünülerek hazırlanmıştır. Sizce öğrenciler bu testi bir ders saati içinde rahatlıkla cevaplayabilirler mi?

7. Test maddelerinin zorluk seviyesi sizce nasıl?

8. Cevap anahtarında verilen cevaplar doğru mudur?

9. Kullanılan sanal laboratuvar programları hakkındaki görüşleriniz nelerdir? Tasarım, kullanışlılık, içerik ve öğrenciler açısından uygulanması hakkındaki fikirlerinizi belirtiniz.

10. Sorular hakkındaki düşünce ve önerileriniz nelerdir?

Teşekkürler…

Yaşınız:
Hizmet süreniz:

EK-9. Çalışmada Geliştirilen Başarı Testini Değerlendirmede Öğretmenlere Yönelik Kullanılan Yarı Yapılandırılmış Mülakat Formu

1. Kazanımlar, Basit Elektrik Devreleri konusundaki bütün alt konuları ve kavramları yansıtıyor mu?
2. Sorular Basit Elektrik Devreleri konusundaki yönelik yazılmış bütün kazanımları kapsıyor mu?
3. Sorular Basit Elektrik Devreleri konusundaki bütün alt konuları ve kavramları yansıtıyor mu?
4. Testin dili 9. sınıf öğrencileri için uygun seviyede mi?
5. Test okunabilir ve anlaşılabilir mi?
6. Bu test bir ders saati içinde uygulanması düşünülerek hazırlanmıştır. Sizce öğrenciler bu testi bir ders saati içinde rahatlıkla cevaplayabilirler mi? Test daha uzun veya daha kısa sürede tanımlanabilir mi?
7. Test maddelerinin zorluk seviyesi sizce nasıl? Öğrencilerinizin seviyesine uygun mu?
8. Cevap anahtarında verilen cevaplar doğru mu?
9. Kullanılan sanal laboratuvar programları hakkındaki görüşleriniz nelerdir? Tasarım, kullanışlılık, içerik ve öğrenciler açısından uygulanması hakkındaki fikirlerinizi belirtiniz.
10. Sorular hakkındaki düşünce ve önerileriniz nelerdir?

Teşekkürler…

Yaşınız:
Hizmet süreniz:

EK-10: Öğretmenlere Yönelik Mülakat Soruları

1-Bilgisayar ve öğretim teknolojilerini takip ediyor musunuz?
2-Daha önce sanal laboratuvar programı kullandınız mı?
3-Kullandıysanız hangileri ve hangi konular için kullandınız?
4-Rehber materyal içerisindeki ve yapılan uygulamalar konuyu tam olarak kapsıyor mu?
5-Örnekler, öğrenci seviyesi için yeterli ve uygun mudur?
6-Öğrenmeyi kolay sağlıyor mu?
7-Hazırlanan rehber materyal anlaşılır ve kullanışlı mı?
8-Yapılan etkinlikleri uygularken en çok hangisinde zorlandınız?
9-Öğrencilerinizde, derse karşı ilgi arttı mı?
10- Derse hazırlanırken zorlandınız mı?
11- Bundan sonra derslerinizde uygulamayı düşünüyor musunuz?
12- Öneri ve eleştirileriniz nelerdir?
13- FATİH projesi kapsamında akıllı tahta ve tablet dağıtıldığı zaman bu tür yazılımları kullanmayı düşünüyor musunuz?

Yapılan uygulamalar ve hazırlanan metaryaller hakkındaki eklemek istedikleriniz varsa lütfen bildiriniz.

EK-11: Öğrencilere Yönelik Mülakat Soruları

1-Yapılan çalışmalarda en çok beğendiğiniz şey ne oldu?

2-Yapılan çalışmalarda beğenmediğiniz ya da zorlandığınız şey nedir?

3-Fizik dersini, BT sınıfında işleme konusunda sizin ve öğretmeninizin davranışları açısından bir sorun oldu mu?

4-Bilgisayar ortamında deney yapmak hoşunuza gitti mi?

5-Bilgisayar kullanarak fizik dersi işlemek nasıldı?

6-Yapılan çalışmalarda en çok beğendiğiniz şey ne oldu?

7-Yapılan çalışmalarda beğenmediğiniz ya da zorlandığınız şeyler nedir?

8-Sanal laboratuvar programını kullanma konusunda sıkıntı yaşadınız mı? Yaşadıysanız ne yaptınız?

9-Konu sana göre kolay olandan zora, basitten karmaşığa doğru gidiyor muydu? Böyle düşünmenin nedenini açıklar mısın?

10- Basit bir elektrik devresini çizip, çalışma prensibini açıklar mısın?

11- Elektrik devresinde kullanılan nesnelerin adları ve görevlerini açıklar mısın?

12- Elektrik dervresien ampermetre ve voltmetre bağlanımı hakkında bilgi verir misin?

13- Seri ve paralel devre arasındaki farklar nelerdir?

14- Fizik dersinin bu şekilde işlenmesine yönelik görüşleriniz nelerdir?

Yapılan uygulamalar ve hazırlanan metaryaller hakkındaki eklemek istedikleriniz varsa lütfen bildiriniz.

Ek 12. Ders İşleme Süreci Görüntüleri

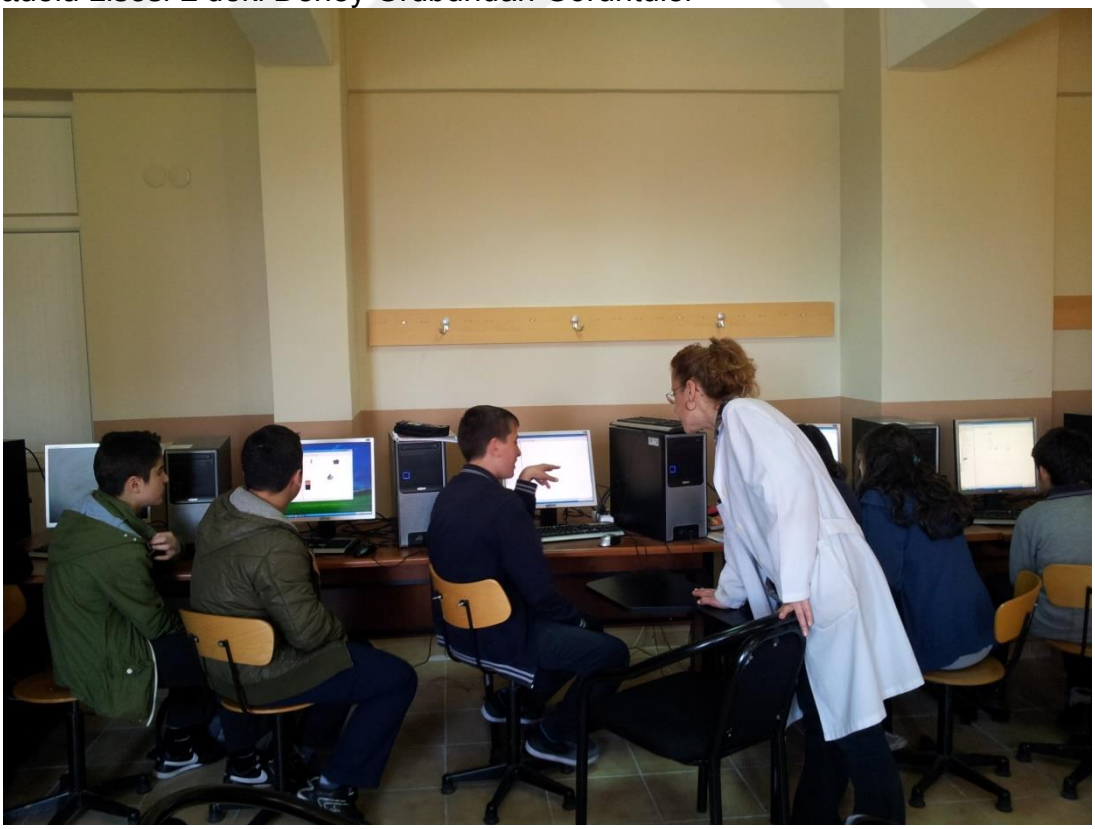
Pilot Uygulamaların yapıldığı K.Çekmece'deki Genel Liseden Görüntüler

Ek 12’nin devamı

Anadolu Lisesi-1’deki Deney Grubundan Görüntüler

Ek 12’nin devamı

Anadolu Lisesi-2’deki Deney Grubundan Görüntüler



Ek 12'nin devamı

Ek 13. Sanal Laboratuvar Kullanışlılık Eğitimi Günlük Ders Planı

A.BİÇİMSEL BÖLÜM:

Okulun Adı: Gazi Anadolu Lisesi ve Prof. Dr. Sabahattin Zaim Anadolu Lisesi

Dersin Adı: Fizik-1

Sınıflar: Gazi Anadolu Lisesi 9-C ve Prof. Dr. Sabahattin Zaim Anadolu Lisesi 9-D Sınıfı Fizik Öğrencileri

Konu: Sanal laboratuar programının tüm özellikleriyle birlikte doğru ve etkin bir şekilde kullanımı üzerine seminer.

Süre: Eğitim için: 40 dak. (1 ders saati), katılımcıların kendi başına çalışması için: 10 dak. (teneffüs süresi)

Materyaller: Projektör cihazı, Sanal laboratuar programı (Crocodile Physics), bir öğretmen bilgisayarı (notebook), 15 adet PC.

Kaynaklar: Crocodile Physics 401 sanal laboratuar programının öğrenme yöntemleri üzerine örnek modelleri (www.crocodile-clips.com).

Öğretme ve Öğrenme Teknikleri ve Stratejileri:

Dersin işleniş düzenine göre, dersi veren öğretmen ve katılımcılar 3. bölümde yer alan (Konu Anlatımı ve Sunum Planı) öğretim stratejileri kullanılacaktır.

Hedef Nokta: Sanal laboratuar programının tüm özellikleriyle kullanımını ve öğrenmeyi-öğretmeyi kolaylaştıracak önemli noktalarını göstermek.

Hedef ve Hedef Davranışlar: "Sanal laboratuar programının kullanımı" eğitiminde planlanan hedefler;

- Crocodile Physics programını açabilme,
- Crocodile Physics programında yer alan butonların (pause, graph, lock/unlock, probe) fonksiyonlarını bilme ve kullanabilme,
- Crocodile Physics programında yer alan menü listesini (parts, moduls, vb.) bilme ve doğru bir şekilde kullanma,

Ek 13'ün devamı

- Crocodile Physics programını kullanarak bir deney düzeneği oluşturabilme,
- Crocodile Physics programında yer alan devre elemanlarının özelliklerini değiştirebilme ve döndürebilme,
- Crocodile Physics programını kullanarak değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik oluşturabilme,
- Crocodile Physics programını kullanarak değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren grafik özelliklerini ayarlayabilme,

Ek 13'ün devamı

- Crocodile Physics programında oluşturulan bir devreyi bilgisayara kaydetme ve yazıcıdan kâğıda basabilme, olarak belirlenmiştir.

B. GİRİŞ BÖLÜMÜ: (5 dak.)

1. **Dikkat Çekme:** Sanal laboratuar programı kullanmanın öneminden bahsedilmesi.
2. **Güdüleme:** Eğitime katılan öğrencilere;
   - Fizik dersi gibi önyargıyla yaklaşılan bir dersi öğrencilere daha eğlenceli ve anlaşılır bir şekilde ders anlatımı yapılabileceğinden,
   - Yer ve mekân kısıtlaması olmadan istenilen deneyi sadece bir bilgisayar kullanarak yapılabileceğinden,
   - Yapılacak deney sayısının ve çeşidinin fazlalılığından,
   - Her öğrencinin tam uygulama yapabilmesine olanak tanınabileceğinden,
   - Derste kullanılabilecek örnek modellerin çeşidinden, vb. faydalarından bahsedilmesi.

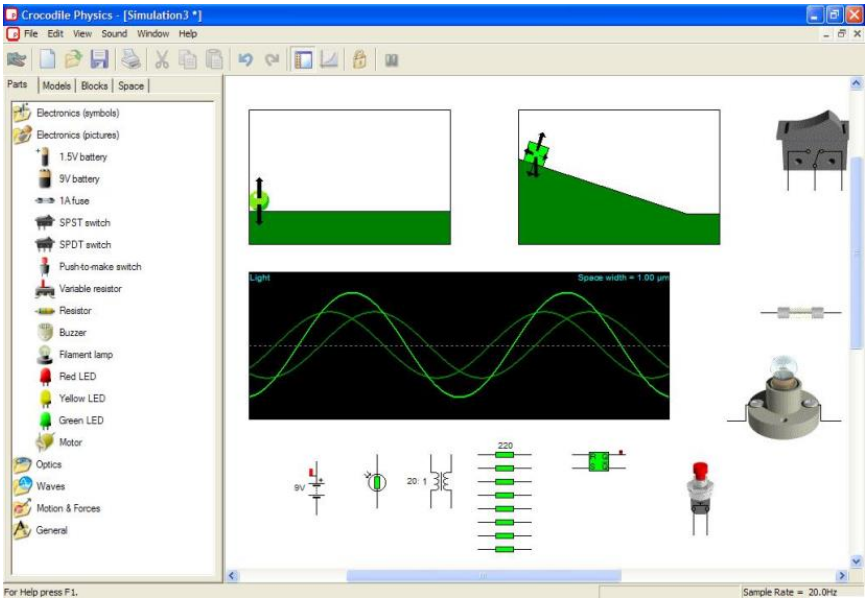
C. KONU ANLATIMI VE SUNUM PLANI:

Sunum-1 (*Süre:* 10 dak.):

Amaç: Programa giriş ve listelenmiş menüler hakkında açıklamalar yapmak.

Öğretmen Aktiviteleri: Crocodile Physics programının açılışını ve programda yer alan nesnelerin sembol ve grafiklerine ulaşımını göstermek.

Öğrenci Aktiviteleri: Projektörle sunulan aktiviteleri, kendi bilgisayarında uygulamak. Gerektiğinde öğretmene sorular sormak.



Şekil 1: Crocodile Physics 401 adlı Sanal laboratuar programımım ekran görüntüsü

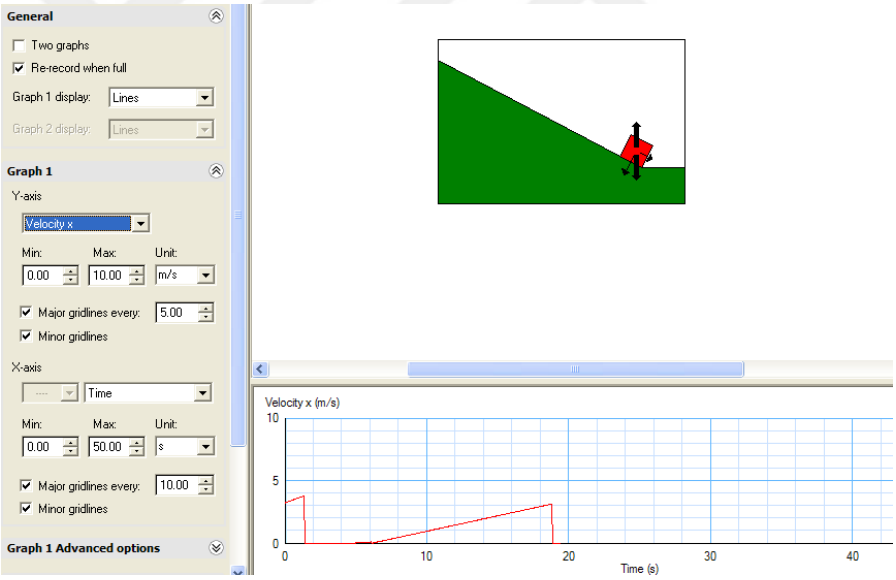
Ek 13'ün devamı

Sunum-2 (*Süre:* 10 dak.):

Amaç: Örnek modeller hakkında açıklamalar yapmak ve bir devreye ait değişkenler hakkında grafik çizimi hakkında bilgi vermek. İstatistiksel grafikte yer alan x-y koordinatlarını ayarlamayı yapmak. Oluşturulan devrenin kilitlenmesinin nasıl yapılacağını göstermek.

Öğretmen Aktiviteleri: Programda yer alan "Models" bölümünü açarak örnek modellerden bahseder ve kullanımıyla ilgili ipuçları gösterir. Devrenin sahip olduğu değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren grafiğin gösteriminden ve ayarlamasından bahseder. Kilit butonuna değinir.

Öğrenci Aktiviteleri: Projektörle sunulan aktiviteleri gözlemlemek ve not almak. Gerektiğinde öğretmene sorular sormak. Kendi bilgisayarında gösterilen işlemi denemek.



Şekil 2 : "Models" bölümünde yer alan örneklerden biri

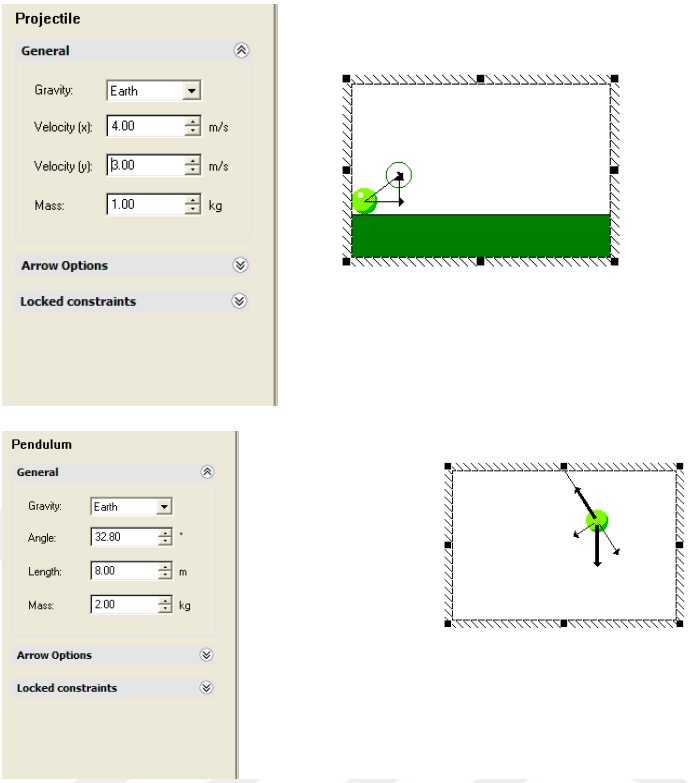
Uygulama-1 (*Süre:* 10 dak.):

Amaç: Programda yer alan öğrenme nesnelerinde ayarlamaların nasıl yapılacağını göstermek.

Öğretmen Aktiviteleri: Programda yer alan sembollerden bazılarını seçerek değerlerini, yönünü ve büyüklüğünü değiştirir.

Öğrenci Aktiviteleri: Projektörle sunulan aktiviteleri gözlemlemek ve kendi bilgisayarında gösterilen işlemi uygulamak. Öğretmene sorular sormak.

Ek 13'ün devamı



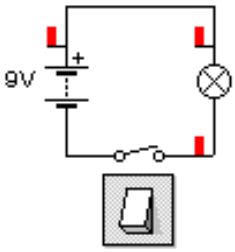
Şekil 3: Programda yer alan nesneler üzerinde ayarlama yapmaya ait ekran görüntüleri

<u>Uygulama-2 (*Süre:* 5 dak.):</u>

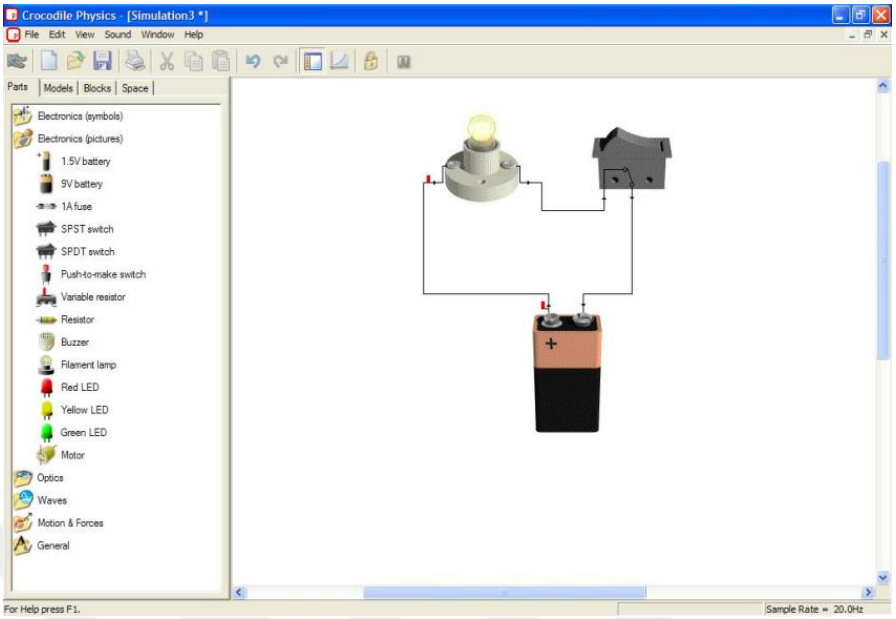
Amaç: Bir deney ortamının nasıl oluştuğunu göstermek. Oluşturulan düzeneği başka bir programa kopyalamayı, bilgisayara kaydetmeyi ve yazıcıya aktarmayı göstermek.

Öğretmen Aktiviteleri: Aşağıdaki şekilde yer alan örnek bir devreyi önce semboller kullanarak daha sonra grafiksel resimler kullanarak kurar ve nasıl yaptığını sözlü ifadelerle de tamamlar.

Öğrenci Aktiviteleri: Projektörle sunulan aktiviteleri gözlemlemek ve kendi bilgisayarında gösterilen işlemi uygulamak. Öğretmene sorular sormak.



Ek 13'ün devamı



Şekil 4:Sembolik ve şekilsel olarak basit bir devrenin gösterimi

(TENEFFÜS ARASI 10 DAK.)

D. DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ:

Bir deney düzeneği oluşturarak çalıştırmaları istenir.

E. SONUÇ BÖLÜMÜ:

Tekrar güdüleme: Bu konuyu iyi kavradığınız takdirde, sanal laboratuar programını doğru bir şekilde kullanıp, sayısız deney yapabilme imkânına sahip olabilecekleri belirtilir.

Kapanış: Anlaşılmayan yerler tekrar sorulur. Sorular cevaplandırılır. "İyi günler " denilerek ders bitirilir.

Ek-14. Gözlem Formları

Fizik Öğretmenleri İçin Kullanılan Gözlem Formu

Gözlemlenecek Davranışlar	Ö5	Ö6	Ö7
Derse hazırlıklı gelme			
Derse girişte, öğrencilerin derse karşı meraklarını çekebilme			
Öğrencilere keşfetme aşamasında doğru bir şekilde yönlendirme yapabilme			
Öğrencilerin elde ettiği verileri doğru bir şekilde açıklayabilme			
Öğrenilen konuyu benzer alt problemler üzerinde uygulama yapabilmeye yönlendirme			
Günlük hayattan diğer örneklerle konuyu ilişkilendirebilme			
Öğrencilerin içinde bulundukları grup ve diğer gruplarla öğrendiklerini paylaşması için sorular yöneltme			
Öğrencilere elde ettiği veriler dikkate alınarak elektrik konusu ile ilgili sorular sorarak neler öğrendiklerini belirleme			
Sanal laboratuvar kullanarak ders yürütmede istekli olma			
Sınıf kontrolünü sağlayabilme			
Sanal laboratuvar konusuna hâkim olma			
Zamanı verimli kullanabilme			
Öğrencilerin etkin katılımı için etkinlikler düzenleyebilme			
Teknik sorunlarla baş edebilme			
Geliştirlen materyali sınıf içerisinde uygulayabilme			
Benzer öğretim materyalleri kullanma konusunda istekli olma			
Ders bitimindeki öğretmen davranışları			
Yorumlar:			

Ek 14'ün devamı

Öğrenciler İçin Hazırlanan Gözlem Formu

Gözlemlenecek Davranışlar	G	KG	GM
Derse ilgili olma			
Bilgisayar laboratuvarında ders yapmaya uyum sağlama			
Derse karşı merakında artış olma			
Keşfetme aşamasında araştırmacı olma			
Elde edilen verileri doğru bir şekilde açıklayabilme			
Öğrenilen konuyu benzer alt problemler üzerinde uygulama yapabilme			
Günlük hayattan diğer örneklerle konuyu ilişkilendirebilme			
Diğer öğrencilerle bilgilerini paylaşma			
Öğretmen tarafından yöneltilen soruları doğru olarak cevaplama			
Sanal laboratuvar programlarını etkin olarak kullanabilme			
Örnek gösterilen bir elektrik devresini oluşturabilme			
Farklı devreler oluşturabilme			
Deney düzeneğini analiz edebilme			
Verilen görevleri yerine getirme			
Sanal laboratuvar kullanarak elde ettiği verileri not etme			
Elde edilen verileri kullanarak hesaplama yapabilme ve çıkarımlar sağlama			
Zamanı verimli kullanabilme			
Konuyu yaşamla ilişkilendirebilme			
Bilgisayar kullanma konusunda arkadaşlarına saygılı olma			
Karşılaşılan teknik sorunlarla başa çıkabilme			
Eğlenerek öğrenme			
Benzer etkinlikler konusunda istekli olma			
Öğrenciler arasındaki işbirliği ve bilgi alışverişi yapılması			
Ders bitimindeki öğrenci davranışları			
Yorumlar:			

Ek 15. Deney ve Kontrol Gruplarının Kavram Testi Puanlama Tablosu

Anadolu Lisesi-1 Deney Grubu Öğrencilerinin Ön Test Puanları

	isim	sembol	şekil	devre	yük															ampermetre	voltmetre	seri	paralel	
Öğrenci	**Soru 1**			**Soru 2**		**Soru 3**	**Soru 4**	**Soru 5**	**Soru 6**	**Soru 7**	**Soru 8**	**Soru 9**	**Soru 10**	**Soru 11**	**Soru 12**	**Soru 13**	**Soru 14**	**Soru 15**		**Soru 16**		**Soru 17**		**Toplam**
1	7	7	4	2	2	0	0	0	3	3	0	4	0	0	0	0	3	4		0	0	2	2	43
2	6	6	5	2	1	1	4	3	3	3	0	3	2	3	2	3	3	3		2	2	3	2	62
3	8	7	7	2	0	0	0	3	1	1	0	1	1	1	2	3	3	4		2	2	3	3	54
4	8	0	0	2	2	2	1	2	3	3	0	0	2	3	3	3	3	3		2	1	2	2	47
5	8	7	4	0	1	2	2	3	2	2	0	3	2	3	3	3	3	4		1	1	2	3	59
6	7	7	4	1	2	1	0	3	2	3	0	0	0	1	3	3	3	4		2	1	2	2	51
7	8	8	4	2	2	2	1	4	2	1	2	2	1	3	1	3	3	4		2	1	3	3	62
8	7	7	5	2	2	2	2	4	2	1	0	4	2	4	3	3	4	3		2	1	2	2	64
9	9	9	7	2	2	1	1	3	3	3	0	2	2	3	3	2	3	4		2	2	3	3	69
10	6	0	4	2	1	1	0	3	0	0	0	0	1	2	2	3	1	4		2	1	0	0	33
11	5	4	2	2	1	2	2	2	2	3	0	1	3	2	3	2	3	4		2	1	2	2	50
12	6	6	5	2	1	1	0	0	3	0	0	3	0	3	3	3	3	3		1	1	2	2	48
13	7	7	4	2	2	2	1	3	3	1	0	3	0	3	1	3	2	3		2	1	2	2	54
14	7	7	6	2	2	2	3	3	0	3	0	0	0	2	1	2	0	1		2	1	1	1	46
15	6	6	6	2	1	2	2	3	3	3	0	3	3	3	1	1	3	4		2	1	2	2	59
16	7	7	4	2	0	2	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3		2	1	0	0	61
17	5	5	6	2	0	1	0	0	0	3	0	3	1	2	4	3	2	3		0	0	2	2	44
18	4	4	3	2	1	0	0	0	3	2	0	2	0	3	3	3	4	1		2	1	2	1	41
19	7	6	3	2	0	2	2	1	2	3	2	2	3	3	3	3	3	1		2	1	2	2	55
20	6	6	3	2	1	0	0	3	3	0	0	3	0	3	2	3	3	3		1	1	3	3	49
21	8	7	6	2	1	2	0	2	2	3	3	2	3	4	2	2	3	3		2	1	2	3	63
22	8	7	5	2	2	2	2	3	3	2	0	0	3	3	1	3	3	3		2	1	2	2	59

Anadolu Lisesi-1 Deney Grubu Öğrencilerinin Son Test Puanları

	isim	sembol	şekil	devre	yük														ampermetre	voltmetre	seri	paralel	
Öğrenci	**Soru 1**			**Soru 2**		**Soru 3**	**Soru 4**	**Soru 5**	**Soru 6**	**Soru 7**	**Soru 8**	**Soru 9**	**Soru 10**	**Soru 11**	**Soru 12**	**Soru 13**	**Soru 14**	**Soru 15**	**Soru 16**		**Soru 17**		**Toplam**
1	8	8	6	2	2	2	1	2	3	1	4	4	1	4	1	3	3	4	2	1	3	2	67
2	7	7	6	2	2	2	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	2	2	3	3	80
3	8	8	7	2	2	2	4	3	1	1	1	1	3	3	2	3	3	4	2	2	3	3	68
4	8	8	7	2	2	2	4	3	1	4	4	2	1	4	4	4	3	4	2	2	3	3	77
5	7	7	4	2	1	2	4	3	1	4	4	1	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	71
6	6	6	6	2	2	2	4	3	3	3	2	1	1	2	2	3	3	4	2	2	2	2	63
7	7	7	5	2	2	2	3	3	4	2	2	4	3	3	3	3	3	4	2	2	3	2	71
8	4	4	3	2	2	2	4	3	3	1	2	2	2	3	3	3	3	3	2	1	3	3	58
9	7	7	4	2	0	2	4	3	3	3	2	2	1	3	2	3	3	4	2	2	3	3	65
10	6	6	4	2	1	2	4	3	3	1	3	2	2	3	3	3	1	4	2	2	3	3	63
11	6	6	4	2	0	2	2	3	2	3	2	3	3	3	4	3	3	4	2	2	2	2	63
12	8	7	7	2	1	1	4	3	3	3	3	4	1	3	4	3	3	3	2	2	3	3	73
13	6	6	6	2	1	2	4	3	1	4	4	3	1	3	4	2	3	4	2	2	3	3	69
14	8	8	6	2	2	2	2	3	3	4	4	3	1	2	3	3	3	4	2	2	3	3	73
15	6	6	6	2	2	2	2	3	3	3	4	1	3	3	3	3	3	4	2	1	1	1	64
16	9	8	8	2	2	2	4	3	3	3	4	1	4	3	3	3	4	4	2	2	3	2	79
17	7	7	5	2	0	2	4	3	3	3	4	3	1	3	3	4	3	3	2	1	2	2	67
18	8	8	4	2	1	2	3	3	3	3	1	1	2	4	3	2	4	4	2	2	3	3	68
19	6	6	5	2	2	2	4	3	4	4	4	4	1	3	4	3	3	4	2	2	3	3	74
20	9	8	8	2	2	2	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	2	2	3	3	84
21	9	8	8	2	2	2	4	3	2	3	4	4	3	4	3	3	3	3	2	2	3	3	80
22	8	6	8	2	2	2	3	3	3	3	4	3	1	3	3	2	3	3	2	2	2	2	70

Anadolu Lisesi-1 Kontrol Grubu Öğrencilerinin Ön Test Puanları

	isim	sembol	şekil	devre	yük																ampermetre	voltmetre	seri	paralel	
Öğrenci	**Soru 1**			**Soru 2**		**Soru 3**	**Soru 4**	**Soru 5**	**Soru 6**	**Soru 7**	**Soru 8**	**Soru 9**	**Soru 10**	**Soru 11**	**Soru 12**	**Soru 13**	**Soru 14**	**Soru 15**	**Soru 16**		**Soru 17**		**Toplam**
1	8	8	0	2	2	2	1	3	3	4	0	4	1	3	1	3	3	3	2	2	3	3	61
2	8	8	6	2	1	2	2	3	3	3	4	1	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	71
3	4	4	2	2	2	1	3	0	2	2	0	3	3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	50
4	6	6	4	2	1	1	1	3	2	2	0	3	2	3	3	3	3	4	2	1	1	1	54
5	8	8	5	2	1	2	3	3	2	3	3	3	2	3	2	1	2	3	2	1	2	2	63
6	8	8	8	2	2	2	1	2	3	4	2	1	1	2	3	3	3	4	2	2	3	3	69
7	6	6	0	2	1	2	4	3	2	3	4	3	0	3	3	3	4	4	2	1	2	2	60
8	4	4	4	2	2	2	1	2	3	3	1	3	2	3	2	3	3	3	2	1	0	1	51
9	6	2	0	2	1	2	0	0	0	3	0	3	0	3	2	3	3	2	2	1	2	2	39
10	7	7	4	2	1	2	1	4	3	3	0	1	3	3	1	3	3	3	2	1	2	2	58
11	8	7	6	2	1	2	0	2	3	0	0	3	0	2	0	3	2	3	2	1	2	2	51
12	6	6	3	2	0	0	1	3	0	3	0	1	0	3	1	0	2	3	1	1	2	1	39
13	5	5	4	2	1	2	2	1	3	3	0	3	2	3	1	1	3	4	0	0	1	2	48
14	6	6	4	2	1	2	4	0	3	3	2	1	1	1	1	0	0	4	2	1	2	2	48
15	4	3	1	2	2	0	0	3	2	2	0	3	0	3	2	2	3	4	0	0	0	0	36
16	7	7	4	1	1	2	1	2	2	3	0	3	2	3	0	3	3	3	1	1	2	2	53
17	5	5	4	2	2	1	0	2	0	0	0	3	0	3	0	0	3	3	2	2	2	2	41
18	5	3	2	2	1	1	2	2	3	3	2	0	0	2	3	3	3	3	0	0	2	1	43
19	7	7	5	2	2	2	0	1	2	2	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
20	6	6	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	3	3	3	2	1	1	1	35
21	7	7	5	2	1	1	1	3	2	1	0	2	2	3	3	3	3	4	2	1	2	2	57

Anadolu Lisesi-1 Kontrol Grubu Öğrencilerinin Son Test Puanları

	isim	sembol	şekil	devre	yük														ampermetre	voltmetre	seri	paralel	
Öğrenci	**Soru 1**			**Soru 2**		**Soru 3**	**Soru 4**	**Soru 5**	**Soru 6**	**Soru 7**	**Soru 8**	**Soru 9**	**Soru 10**	**Soru 11**	**Soru 12**	**Soru 13**	**Soru 14**	**Soru 15**	**Soru 16**		**Soru 17**		**Toplam**
1	8	8	5	2	2	2	1	1	3	4	4	3	2	3	1	3	3	3	2	2	3	3	68
2	9	9	6	2	2	2	1	1	3	3	0	1	3	3	3	3	3	3	1	1	2	2	63
3	9	9	4	2	2	2	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	2	1	2	1	62
4	9	9	4	2	2	2	2	1	1	3	3	2	3	3	2	3	3	4	2	1	2	1	64
5	9	9	6	2	1	2	1	1	1	4	1	2	2	3	3	3	3	3	2	1	2	2	63
6	9	9	8	2	2	2	2	2	4	4	4	1	1	3	4	3	3	4	2	2	3	3	77
7	7	7	3	2	1	2	2	3	1	3	4	0	0	3	2	3	3	4	2	1	2	2	57
8	9	9	4	2	2	2	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	70
9	8	8	2	2	1	2	0	3	0	1	4	1	0	3	3	3	3	3	2	2	3	3	57
10	7	7	3	2	1	2	2	3	2	3	0	2	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	57
11	9	9	7	2	1	2	2	3	1	3	1	2	1	4	1	3	3	1	2	2	2	2	63
12	8	8	3	2	1	2	2	2	1	4	4	3	0	3	1	2	3	3	2	2	3	2	61
13	6	6	4	2	1	2	1	3	3	3	0	2	1	4	3	3	3	4	2	1	3	3	60
14	8	8	7	2	1	2	2	0	1	1	0	2	2	4	3	3	3	4	2	1	2	2	60
15	8	8	7	2	0	2	3	3	3	1	2	3	1	3	3	3	3	3	2	2	1	1	64
16	9	9	5	2	1	2	2	3	3	3	0	0	0	3	4	3	3	3	2	2	3	3	65
17	9	9	7	2	1	1	1	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	68
18	9	9	4	2	2	2	0	3	3	3	0	1	1	3	2	3	3	3	2	1	2	2	60
19	9	9	4	2	0	2	0	3	3	1	0	0	0	3	2	3	3	3	2	2	3	2	56
20	9	9	0	2	2	2	0	0	1	0	0	0	0	3	0	3	3	4	2	2	2	2	46
21	9	9	7	2	1	2	4	3	4	1	2	1	2	3	3	3	3	4	2	1	2	2	70

Anadolu Lisesi-2 Deney Grubu Öğrencilerinin Ön Test Puanları

	isim	sembol	şekil	devre	yük															ampermetre	voltmetre	seri	paralel	
Öğrenci	**Soru 1**			**Soru 2**		**Soru 3**	**Soru 4**	**Soru 5**	**Soru 6**	**Soru 7**	**Soru 8**	**Soru 9**	**Soru 10**	**Soru 11**	**Soru 12**	**Soru 13**	**Soru 14**	**Soru 15**	**Soru 16**		**Soru 17**		**Toplam**
1	5	4	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	4	2	2	1	1	38
2	6	6	0	2	0	0	2	3	0	0	1	0	0	3	1	3	3	3	2	2	1	1	39
3	6	6	0	2	2	1	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	2	1	2	2	51
4	5	4	3	2	1	2	0	2	3	3	0	2	0	2	3	3	3	4	2	0	2	2	48
5	7	5	6	2	1	1	3	3	3	3	2	3	1	2	3	3	3	3	0	0	2	2	58
6	7	7	6	2	2	1	2	3	3	3	1	2	0	3	3	3	1	4	2	1	2	2	60
7	4	4	4	2	2	0	0	3	3	3	0	1	0	0	2	2	3	4	2	1	2	2	44
8	8	6	7	2	1	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	4	2	1	2	2	67
9	7	6	3	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3	4	0	0	2	2	33
10	5	5	0	2	1	2	2	3	0	0	0	0	0	3	3	3	3	4	2	1	2	2	43
11	4	4	0	2	2	1	0	3	0	0	1	0	0	3	2	2	3	3	0	0	2	2	34
12	8	7	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	2	2	2	2	45
13	6	6	0	2	2	1	0	3	3	3	0	3	0	2	0	3	3	4	2	1	2	2	48
14	7	6	0	2	2	2	0	3	3	3	0	3	0	2	1	3	3	4	2	1	2	2	51
15	4	4	4	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	2	3	1	3	0	0	2	2	31
16	4	4	4	2	2	1	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	1	2	55
17	9	7	6	2	2	1	0	2	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	0	0	2	2	47
18	9	8	7	2	2	1	3	3	3	3	3	1	2	3	3	3	3	3	2	1	2	2	69
19	6	6	0	2	2	1	2	3	3	0	0	3	0	3	3	3	3	3	2	1	2	2	50
20	7	7	0	2	1	1	2	3	3	1	0	0	0	3	3	3	3	4	1	1	2	2	49
21	8	8	3	2	0	1	0	3	2	3	0	0	0	3	3	3	3	3	2	1	2	2	52
22	8	8	3	2	2	1	1	3	0	3	0	0	2	3	3	3	3	4	2	1	2	2	56

Anadolu Lisesi-2 Deney Grubu Öğrencilerinin Son Test Puanları

	isim	sembol	şekil	devre	yük														ampermetre	voltmetre	seri	paralel	
Öğrenci	**Soru 1**			**Soru 2**		**Soru 3**	**Soru 4**	**Soru 5**	**Soru 6**	**Soru 7**	**Soru 8**	**Soru 9**	**Soru 10**	**Soru 11**	**Soru 12**	**Soru 13**	**Soru 14**	**Soru 15**	**Soru 16**		**Soru 17**		**Toplam**
1	7	7	3	2	2	2	1	3	3	3	0	2	0	2	2	3	2	4	2	1	2	2	55
2	7	7	6	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	2	2	2	67
3	7	7	6	2	2	2	3	3	1	1	4	2	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	67
4	7	7	3	2	2	2	1	3	3	3	1	3	3	4	2	3	3	4	3	3	2	2	66
5	7	7	6	2	2	2	2	3	3	3	1	3	4	3	4	3	3	4	2	2	3	3	72
6	7	7	7	2	2	2	2	2	1	4	1	1	2	3	1	3	3	4	2	1	3	3	63
7	6	6	5	2	1	2	4	3	1	3	4	4	3	4	4	4	3	4	2	2	3	3	73
8	7	7	6	2	2	2	2	4	2	4	4	2	3	4	4	3	2	4	2	2	3	3	74
9	7	7	6	2	2	2	4	3	3	2	4	1	3	3	2	3	3	4	2	2	3	3	71
10	6	6	3	2	1	2	4	3	2	1	3	2	3	3	4	3	3	4	2	2	2	2	63
11	8	8	0	2	2	2	2	3	1	3	4	3	0	4	3	3	4	3	2	2	2	2	63
12	7	7	6	2	1	2	2	3	2	2	1	1	4	1	3	3	3	4	3	3	2	2	64
13	7	7	1	2	1	2	2	3	4	3	2	2	2	3	3	3	3	4	0	2	3	3	62
14	8	8	6	2	2	2	4	4	3	3	3	2	4	3	3	3	3	4	2	2	2	2	75
15	8	8	3	2	2	2	0	3	3	3	0	3	4	3	3	3	3	3	2	1	3	3	65
16	6	5	3	2	1	2	4	3	3	3	4	1	1	3	3	3	3	3	2	2	3	3	63
17	6	6	5	2	2	2	1	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2	1	2	2	66
18	8	8	7	2	2	2	4	4	1	2	3	3	2	3	3	3	4	3	2	2	3	3	74
19	7	7	7	2	2	2	4	3	1	2	1	1	1	3	4	3	3	3	2	2	3	3	66
20	6	6	6	2	1	2	4	3	4	0	4	3	4	3	3	3	3	4	1	1	2	2	67
21	7	7	3	2	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	2	2	2	2	66
22	7	7	3	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1	3	3	3	3	4	2	2	1	1	59

Anadolu Lisesi-2 Kontrol Grubu Öğrencilerinin Ön Test Puanları

	isim	sembol	şekil	devre	yük															ampermetre	voltmetre	seri	paralel	
Öğrenci	**Soru 1**			**Soru 2**		**Soru 3**	**Soru 4**	**Soru 5**	**Soru 6**	**Soru 7**	**Soru 8**	**Soru 9**	**Soru 10**	**Soru 11**	**Soru 12**	**Soru 13**	**Soru 14**	**Soru 15**		**Soru 16**		**Soru 17**		**Toplam**
1	4	3	1	2	1	1	1	3	3	2	3	1	0	2	3	3	3	3		2	1	2	1	45
2	6	4	2	2	2	2	3	3	2	2	3	0	0	3	3	3	3	3		1	0	2	2	51
3	4	4	2	2	2	2	1	1	2	3	1	3	1	2	3	3	3	3		2	2	2	2	50
4	5	5	3	2	1	2	2	1	2	3	1	2	1	2	3	3	3	3		1	1	2	2	50
5	6	4	3	2	1	2	1	3	1	3	1	2	2	3	3	3	3	3		2	1	2	2	53
6	6	6	4	2	1	2	1	3	2	3	1	3	1	0	1	0	3	3		2	1	2	2	49
7	3	2	1	2	1	1	0	3	2	3	1	3	0	3	3	3	3	2		2	2	1	2	43
8	4	3	3	2	1	2	0	3	2	2	1	0	0	3	3	3	3	3		2	1	2	2	45
9	6	2	0	0	0	1	2	2	2	2	1	1	1	2	3	2	3	2		2	1	2	2	39
10	6	6	5	2	2	2	1	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3		2	2	2	2	62
11	4	2	0	2	0	2	2	3	3	1	1	3	0	3	1	3	3	3		2	2	1	1	42
12	4	3	3	1	1	2	1	2	0	0	3	2	2	2	3	3	1	3		1	0	2	1	40
13	6	5	4	2	1	2	1	3	2	1	2	3	2	3	3	3	3	3		2	1	2	2	56
14	6	5	3	0	0	2	3	3	3	3	0	0	0	3	3	1	3	3		2	2	2	1	48
15	5	4	4	2	1	2	2	3	3	3	2	3	1	3	1	3	3	3		2	1	2	2	55
16	3	3	2	2	1	1	0	0	1	3	1	1	0	0	1	3	3	3		2	1	2	1	34
17	6	4	4	2	1	2	2	3	2	2	3	0	1	3	3	3	3	3		1	0	2	2	52
18	6	5	3	2	1	2	1	3	3	2	1	2	1	3	3	3	3	3		2	1	2	1	53
19	5	5	4	2	0	2	2	3	0	3	3	1	0	1	1	0	1	3		2	1	2	2	43
20	5	1	1	2	0	1	0	0	2	3	1	2	0	3	3	3	3	2		1	0	2	0	35
21	3	3	0	2	1	1	3	3	1	3	2	1	2	2	1	3	3	3		1	2	2	1	43

Anadolu Lisesi-2 Kontrol Grubu Öğrencilerinin Son Test Puanları

	isim	sembol	şekil	devre	yük															ampermetre	voltmetre	seri	paralel	
Öğrenci	**Soru 1**			**Soru 2**		**Soru 3**	**Soru 4**	**Soru 5**	**Soru 6**	**Soru 7**	**Soru 8**	**Soru 9**	**Soru 10**	**Soru 11**	**Soru 12**	**Soru 13**	**Soru 14**	**Soru 15**	**Soru 16**		**Soru 17**		**Toplam**
1	6	6	5	2	1	2	1	3	3	2	3	1	1	3	3	3	3	4	2	1	3	3	61
2	7	7	6	2	2	2	4	3	3	2	3	0	1	3	3	3	3	3	2	1	2	2	64
3	4	4	2	2	2	2	1	1	3	3	1	3	1	3	3	3	3	3	2	2	3	3	54
4	5	5	3	2	1	2	2	1	3	3	1	2	3	3	3	4	3	3	2	1	2	2	56
5	7	6	5	2	1	2	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	62
6	6	6	4	2	1	2	1	3	3	3	1	3	1	2	3	3	3	4	2	1	3	3	60
7	5	4	4	2	1	2	0	3	3	3	1	3	0	3	3	3	3	3	2	2	1	2	53
8	4	3	3	2	1	2	0	3	2	2	1	2	0	3	3	3	3	4	2	2	2	2	49
9	6	6	6	2	0	2	2	2	2	3	1	3	1	2	3	2	3	4	2	1	2	2	57
10	6	6	5	2	2	2	1	3	3	4	4	3	1	3	3	3	3	4	2	2	3	3	68
11	6	6	3	2	2	2	2	3	3	1	1	3	1	3	3	3	4	4	2	2	3	3	62
12	4	3	3	2	1	2	1	3	1	0	3	2	2	2	3	3	1	3	1	0	2	2	44
13	6	5	4	2	1	2	1	3	2	1	2	3	2	3	3	3	4	4	2	1	2	2	58
14	6	6	6	2	0	2	3	3	3	3	0	0	0	3	3	1	3	3	2	2	2	2	55
15	7	7	4	2	1	2	2	3	3	3	2	3	1	3	1	3	3	3	2	1	2	2	60
16	3	3	2	2	1	2	0	2	3	3	1	3	0	2	1	3	3	3	2	1	2	2	44
17	7	5	6	2	1	2	2	3	2	2	3	1	1	3	3	3	3	3	1	1	2	2	58
18	6	5	3	2	1	2	1	3	3	2	1	2	3	4	3	3	3	3	2	1	2	1	56
19	6	6	4	2	1	2	2	3	3	3	3	1	0	1	1	3	3	4	2	1	2	2	55
20	5	1	1	2	1	1	0	3	2	3	1	2	0	3	3	3	3	4	2	1	2	1	44
21	7	7	5	2	1	2	3	3	3	3	2	1	2	3	3	3	3	4	2	2	2	2	65

Ek 16. Hazırlanan Öğretim Materyalinden Elde Edilen Bulgular

Öğrenci	1. Aşama: Merak uyandırma						2. Aşama: Keşfetme							3. Aşama: Açıklama				4. Aşama: Genişletme		5. Aşama: İlişkilendirme	6. Aşama: Paylaşma	7. Aşama: Değerlendirme				Toplam
	A				B	C	Değişkenleri belirleme	Hipotez kurma	Devre elemanlarını tanıma			Deney yapma	Tahminlerde bulunma	Grafik çiz	Hesaplama	Sonuç çıkar	Yorum	Farklı durumlara uygulama	Açıklama			Soru 1	Soru 2	Soru 3	Soru 4	
	1	2	3	4					isim	sembol	şekil															
GDÖ1	1	2	3	3	1	2	2	2	8	8	0	3	3	3	3	3	2	2	1	2	2	3	3	3	3	68
GDÖ2	2	1	2	1	3	1	3	0	6	6	4	2	2	1	0	3	0	1	1	2	2	2	1	1	2	49
GDÖ3	1	2	3	3	2	0	3	3	7	7	7	3	3	3	2	3	0	1	0	2	2	2	1	2	2	64
GDÖ4	2	1	0	0	0	0	1	2	7	6	6	3	2	1	0	3	1	0	0	1	1	2	1	1	2	43
GDÖ5	0	0	0	0	0	0	1	2	7	7	7	3	2	1	0	0	0	1	1	0	1	2	1	1	0	37
GDÖ6	3	2	3	3	0	0	1	2	7	6	4	3	3	1	0	3	1	1	1	1	2	2	0	1	2	52
GDÖ7	0	0	2	0	0	0	1	2	6	5	1	3	0	3	3	3	3	1	1	2	1	2	2	1	2	44
GDÖ8	0	0	3	3	3	0	3	1	7	7	7	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	1	2	71
GDÖ9	0	2	0	0	2	0	0	3	8	8	8	3	3	3	3	2	2	1	0	0	1	2	1	1	0	53
GDÖ10	0	2	3	0	2	0	0	3	8	8	7	3	3	3	1	0	2	2	0	3	2	2	1	1	2	58
GDÖ11	0	2	3	0	2	0	3	0	6	6	4	3	2	3	1	3	2	1	0	0	2	2	1	1	2	49
GDÖ12	0	2	3	3	2	0	1	3	8	8	8	3	3	3	1	3	2	3	0	3	2	2	1	1	2	67
GDÖ13	2	2	3	0	2	0	1	3	6	5	3	2	2	0	1	3	3	2	2	2	2	2	1	0	0	49
GDÖ14	0	2	0	0	0	0	1	3	8	7	6	3	3	3	3	3	2	2	2	0	2	3	1	0	0	54
GDÖ15	0	0	0	0	0	0	1	2	7	7	7	3	0	3	3	3	3	2	2	0	2	2	1	2	0	50
GDÖ16	3	2	0	0	0	0	2	2	8	8	8	3	2	3	3	2	2	1	2	3	2	2	1	1	2	62
GDÖ17	2	0	0	0	3	0	1	2	7	7	6	3	0	0	3	2	2	1	2	2	2	2	0	1	2	50
GDÖ18	0	2	0	0	0	0	1	1	6	6	6	3	2	0	3	2	2	0	0	2	2	0	0	1	0	39
GDÖ19	0	2	0	0	0	0	1	1	6	6	5	3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	0	1	2	52
GDÖ20	1	2	1	1	1	1	1	2	6	6	3	2	2	0	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	44
GDÖ21	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6	5	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	43
GDÖ22	3	3	2	3	2	0	2	2	9	8	8	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	77

Ek 16’nın devamı

SDÖ1	3	2	3	0	2	0	0	0	4	3	3	3	2	0	0	2	2	2	1	1	3	3	3	2	2	46
SDÖ2	3	2	3	3	3	0	1	0	9	8	9	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	0	0	1	3	70
SDÖ3	2	2	3	0	2	0	2	0	5	5	3	3	3	2	2	2	3	1	1	1	2	2	0	1	0	47
SDÖ4	0	0	0	3	2	0	3	0	8	7	6	3	3	2	2	2	0	2	0	2	2	2	1	1	0	51
SDÖ5	3	3	0	0	3	2	2	2	7	7	6	3	3	2	1	2	3	0	0	3	2	2	0	1	0	57
SDÖ6	0	0	3	3	3	0	1	1	9	8	9	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	0	1	2	67
SDÖ7	3	3	2	0	3	2	1	1	8	8	8	3	0	2	2	3	2	2	2	3	3	3	0	3	0	67
SDÖ8	3	3	3	3	2	0	1	1	7	7	5	2	0	2	2	3	2	2	2	3	2	2	1	1	0	59
SDÖ9	0	0	3	0	0	0	1	1	6	2	1	3	3	2	2	3	2	1	0	2	2	2	1	1	0	38
SDÖ10	3	3	1	0	0	0	1	1	7	7	6	0	2	0	0	3	2	1	2	2	2	3	1	1	0	48
SDÖ11	2	0	0	0	0	0	1	1	7	6	7	3	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	1	1	0	51
SDÖ12	0	2	3	0	1	0	1	1	5	5	0	3	2	3	3	3	2	3	2	3	2	2	0	1	0	47
SDÖ13	3	0	3	1	0	0	1	1	6	5	0	0	2	0	0	3	2	1	0	3	2	2	0	1	0	36
SDÖ14	0	3	3	3	3	2	2	2	8	8	0	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	73
SDÖ15	3	3	2	3	0	0	1	2	8	7	8	3	3	3	0	2	2	2	2	0	2	3	3	1	3	66
SDÖ16	3	0	3	0	0	0	0	2	7	7	7	3	3	3	3	2	1	2	2	0	2	2	0	1	3	56
SDÖ17	0	2	3	0	2	0	3	3	8	8	8	3	3	3	3	2	2	3	2	0	3	3	1	2	0	67
SDÖ18	3	0	3	0	2	2	3	3	8	8	8	3	2	3	3	3	1	3	2	0	2	2	1	1	2	68
SDÖ19	0	2	3	3	0	0	0	0	7	6	0	3	2	2	2	2	2	2	0	3	2	2	1	1	2	47
SDÖ20	0	2	0	0	0	0	0	2	6	5	0	3	3	2	2	2	2	1	0	3	2	2	1	0	0	38
SDÖ21	1	2	3	0	2	0	0	2	7	6	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	0	1	2	53
SDÖ22	1	2	3	3	0	0	2	3	6	6	0	3	3	0	2	3	2	2	0	0	2	2	0	1	0	46

9. ÖZGEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ

1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta eğitimini Küçükçekmece ilçesinde tamamladı. 1996-2000 yılları arasında İTÜ Fizik Mühendisliği bölümünde lisansını tamamladı. 2001-2003 yılları arasında YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde Fizik Eğitimi alanında tezsiz yüksek lisans, 2003-2006 yılları arasında Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar ve İletişim Teknolojileri ABD'da "Fizik Derslerinde Kullanılan Farklı Sanal Laboratuar Programlarının Tasarım ve Kullanışlılık Açısından Değerlendirilmesi Ve Farklı Öğretim Yöntemleriyle Kullanılmaları Durumunda Öğrenci Başarısı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi" konulu tezli yüksek lisansını tamamladı. Çeşitli üniversite ve firmalarda Uzaktan Eğitim danışmanlığı yaptı. 2009 yılından itibaren MEB'de Fizik Öğretmeni olarak görev yapmaktadır.

Yurtdışı dergilerde basılan 5 makalesi, uluslararası sempozyumlarda sunulan 7 bildirisi bulunmaktadır.

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

Adres : Özden KARAGÖZ-MIRÇIK, KTÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü Fizik Eğitimi ABD, 61335, Söğütlü, Açaabat, Trabzon

E-mail : ozdenkar@gmail.com

Telefon : 0 542 206 91 00