

149623

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

YAPILANDIRMACI ÖĞRENME KURAMINA DAYALI OLARAK
GELİŞTİRİLEN ÖĞRETİM MODELİNİN LİSE I. SINIF
ÖĞRENCİLERİNİN BASİT ELEKTRİK DEVRELERİNE İLİŞKİN
KAVRAMSAL ANLAMALARINA ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

Hüseyin KÜÇÜKÖZER

Balıkesir, Haziran – 2004



**Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından desteklenmiştir**

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI






YAPILANDIRMACI ÖĞRENME KURAMINA DAYALI OLARAK
GELİŞTİRİLEN ÖĞRETİM MODELİNİN LİSE I. SINIF
ÖĞRENCİLERİNİN BASİT ELEKTRİK DEVRELERİNE İLİŞKİN
KAVRAMSAL ANLAMALARINA ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

Hüseyin KÜÇÜKÖZER

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH

Sınav Tarihi : 10.06.2004

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ (KTÜ) 
Yrd. Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH (Danışman-BAÜ) 
Yrd. Doç. Dr. Filiz KABAPINAR (MÜ) 
Yrd. Doç. Dr. Ömer GEMİCİ (BAÜ) 
Yrd. Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ (BAÜ) 

Balıkesir, Haziran - 2004

149 623

ÖZET

YAPILANDIRMACI ÖĞRENME KURAMINA DAYALI OLARAK GELİŞTİRİLEN ÖĞRETİM MODELİNİN LİSE I. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN BASİT ELEKTRİK DEVRELERİNE İLİŞKİN KAVRAMSAL ANLAMALARINA ETKİSİ

Hüseyin KÜÇÜKÖZER
Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Fizik Eğitimi Anabilim Dalı

(Doktora Tezi / Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH)

Balıkesir, 2004

Son yıllarda özellikle gelişmiş ülkelerin çoğunda fen öğrenimi ve öğretimi üzerine yapılan araştırmalarda öğrencilerin kavramsal anlamalarını belirleme ve alternatif fikirlerinin değiştirilmesi üzerine odaklandığı bilinmektedir. Bununla birlikte çoklu araştırma teknikleriyle belirlenen alternatif düşüncelerin değiştirilmesinde yapılandırımcı öğrenme kuramını esas alan etkinlikleri içeren öğretim modellerinden uygulamada faydalandığı görülmektedir. Ayrıca, araştırmalar öğrencilerin sahip olduğu alternatif fikir ve öğrenme problemlerinin, yaşadıkları ülke ve sahip oldukları kültürden genelde bağımsız olduğunu özelden ise bireylerin öğrenim gördüğü farklı ortamlarda değişiklik gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Bundan dolayı gelişmiş çoğu ülkede yürütülen bu tür çalışmaların sonuçlarından faydalanılmakla birlikte gelişmekte olan ülkelerde de benzer araştırmaların yürütülmesi, amaçlanan öğrenmenin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, lise I. sınıf Fizik dersinde yer alan “basit elektrik devreleri” konusuna yönelik olarak tasarlanan ve uygulanan öğretim modelinin öğrencilerin kavramsal anlamalarına ve sahip oldukları alternatif fikirlerinin değişimine olan etkisini belirlemek amaçlanmıştır.

Bu amaçla, alternatif fikirler ile öğretim modelleri üzerine literatürde yapılmış araştırmalardan yararlanılarak ülkemiz şartlarında uygulanabilecek bir öğretim modeli tasarlanmıştır. Bu öğretim modeli, sosyal yapılandırımcı temelli olup, fizik eğitimi alanında yapılmış çalışmalarda kullanılan değişik öğretim stratejilerini kullanmakta özellikle öğretilecek kavramların verilmiş sırası ile özelliklerini de dikkate almaktadır.

Araştırmada deneysel bir yaklaşımın uygulandığı özel durum çalışması kullanılmıştır. Bu süreçte, öncelikle öğrencilerin basit elektrik devreleri ile ilgili öğretim öncesi düşünce biçimlerinin belirlenmesi amacıyla literatürden yararlanılarak hazırlanan sekiz soruluk bir kavramsal anlama testi ön test olarak uygulanmıştır. Bu testten elde edilen öğrenci fikirlerini desteklemesi ve bu fikirlerin derinlemesine incelenmesi amacıyla deney grubundan dokuz öğrenci ile yarı yapılandırılmış bireysel görüşmeler yapılmıştır. Daha sonra iki lise I sınıfı deney ve kontrol grubu olarak seçilmiştir. Her iki grupta da toplam 23 öğrenci bulunmakta ve bu öğrenciler 14-16 yaş aralığında yer almaktadır. Hazırlanan öğretim modeli Balıkesir ilindeki bir lisede uygulanmıştır. Tasarlanan öğretimin gerçekleştirildiği sınıf deney grubu, öğretmenin kendisinin her yıl uygulamış olduğu öğretimin uygulandığı sınıf ise kontrol grubu olarak seçilmiştir. Öğretimden sonra, ön testte yer alan sekiz soruya üç soru daha eklenerek toplam on bir soruluk kavramsal anlama testi son test olarak her iki gruba da uygulanmıştır. Son test, öğretimden beş buçuk ay sonra bilginin kalıcılığını test etmek amacıyla geciktirilmiş son test olarak da kullanılmıştır. Elde edilen veriler, nitel ve nicel olarak analiz edilmiştir. Ön test, son test ve geciktirilmiş son testte öğrencilerin yaptıkları açıklamaların puanlara dönüştürülmesi ile grup içi ve gruplar arası istatistiksel karşılaştırmalar yapılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin basit elektrik devreleri konusundaki kavramsal gelişimi, ilgili test soruları esas alınarak bireysel olarak grafiklerle gösterilmiştir.

Ön test ve görüşmelerden elde edilen veriler, literatürde bu konuda yapılan birçok çalışmadan elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Literatürde yer alan çalışmaların ortaya koyduğu öğrenci fikirleri bu çalışmada da belirlenmiştir. Bu araştırmada farklı olarak “anahtar kapatıldığında lambalar söner” fikri ortaya çıkarılmıştır. Son testten elde edilen veriler, deney grubunda gerçekleştirilen öğretimin öğrencileri bilimsel olarak doğru kabul edilen açıklamaları yapmaya yöneltmede etkili olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, “piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikri ile ilgili olarak sorulan iki soruda olumlu bir gelişim gözlenmemiştir. Kontrol grubunda ise ön teste kıyasla doğru açıklama yüzdesinde belirgin bir artış görülmemiştir. Geciktirilmiş son testin bulguları, deney grubunda, her sorunun doğru açıklama yüzdesinde son teste kıyasla kısmen düşme, kontrol grubunda hem ön hem de son teste göre doğru açıklama yüzdesinde belirgin bir yükselme olmadığını göstermektedir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, ön testte aralarında anlamlı bir farklılık çıkmayan deney ve kontrol gruplarında, son ve geciktirilmiş son testte deney grubu lehine anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır.

Öğretim sırasında alternatif fikirlerin dikkate alınması ve bu çalışmada geliştirilip uygulanan öğretim modelinin aynı konuda değişik sınıf ortamlarında yürütülmesi araştırmada yapılan önemli önerilerden iki tanesidir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: yapılandırımcı öğrenme kuramı / alternatif fikirler / fizik öğretimi / basit elektrik devreleri / kavramsal anlama / kavramsal değişim /

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF TEACHING METHOD WHICH WAS DESIGNED ACCORDING TO CONSTRUCTIVIST LEARNING THEORY FOR FIRST YEAR HIGH SCHOOL STUDENTS' ON SIMPLE ELECTRIC CIRCUITS

Hüseyin KÜÇÜKÖZER

Balıkesir University, Institute of Science, Department of Physics Education

(Ph. D. Thesis / Supervisor: Asst. Prof. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH)

Balıkesir-Turkey, 2004

In recent years, it is known that there are studies on science learning and teaching, especially those conducted in developing countries focused on determination of students' conceptual understandings and on changing their alternative ideas. In addition to this, it is seen that there are teaching models containing constructivist learning theory-based techniques for changing alternative ideas determined by multiple research techniques. Also, studies indicate that students' alternative ideas and barriers to learning are, in general, independent of their country of living and of their culture, but they are dependent of students' learning environments. Therefore, in addition to benefiting from the results of the studies conducted in most of the developed countries, conducting similar studies in developing countries will contribute for the construction of desired learning outcome.

In this study, the determination of the effects of a teaching model designed and applied on the conceptual understandings and changes of 9th grade students' alternative ideas on one of the physics topics "simple electric circuits" has been aimed.

For this reason, reviewing the published studies in the literature about alternative ideas and teaching models, a teaching model applicable in our countries educational conditions has been designed. This socio-constructivist based teaching model effectively uses various teaching strategies used in physics education studies and also notifies sequencing and characteristics of the concepts to be taught.

In the study, a special case study was used where an experimental approach has been applied. In this process, using the literature, firstly, an eight-item conceptual understanding test about simple electric circuits has been prepared and administered as the pre-test to the students to find out their perceptions about the subject. In order to support the students' ideas obtained from this test and to investigate these ideas deeply, nine students from the experimental group have been interviewed individually using semi-structured approach. Then, two 9th grade classes have been selected to participate in the study as the control and experimental groups. Each of the groups consisted of 23 students aging 14-16 years old. The teaching model has been applied in one of the high schools in Balıkesir. The teaching model designed for this study has been applied to the experimental group whereas, for the control group the teacher of that course has used his own way of teaching he had been using for many years. After the teaching of the subject, an 11-item conceptual understanding test, which was constructed by adding three more items to the pre-test, has been applied to both of the groups as the post-test. The post-test was re-administered to students as the delayed post-test to test the retention of the knowledge. The collected data have been analyzed both quantitatively and qualitatively. Students' answers and explanations to the items in the pre, post and delayed post tests have been scored and these scores have been compared statistically in and between the groups. Conceptual developments of the students in the experimental and control groups about the subject of simple electric circuits according to the mentioned test items were shown in individual graphs.

The results of the pre-test and interviews confirm the results of the studies published in the literature on the same subject. In this study, the idea of "when switch turns off, light goes off" has been explored, which is something not mentioned in the literature. The results of the post-test indicate that the teaching carried out in the experimental group is effective in directing students to make explanations accepted as scientifically right. Significant improvements in two questions about the alternative idea of "batteries are constant current sources" have been observed in the experimental group. In the control group, compared to the pre-test, not very much improvement in the correct explanation percentage was observed. Analysis of the delayed post-test results shows that, in the experimental group, compared to the post-test, there is some decrease in the correct explanation percentages for all the questions. In the control group, however, no significant improvement was achieved in the correct explanation percentage, compared to both pre and post tests. The results of the statistical analyses show that, despite the fact that there was no difference between control and experimental groups in the pretest, there is a statistically significant difference in favor of the experimental group in the post and delayed post tests.

Taking into consideration of the alternative ideas during the teaching sequence and applying the developed teaching model on the same subject in different learning environments are two of the important suggestions made in the study.

KEY WORDS: constructivist learning theory / alternative ideas / physics teaching / simple electric circuits / conceptual understanding / conceptual change /

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEY WORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	xiii
1 GİRİŞ	1
1.1 Araştırmanın Amacı	1
1.2 Araştırmanın Önemi	2
1.3 Araştırma Soruları	3
1.4 Sayıtlar	4
1.5 Sınırlılıklar	5
1.6 Araştırmanın Yapısı	5
2. LİTERATÜR TARAMASI	6
2.1 Öğrenme Üzerine Yapılandırmacı Görüşler	6
2.1.1 Piaget ve Vygotsky nin Öğrenme Üzerine Temel Fikirleri	9
2.1.2 Sonuç: Yapılandırmacı Öğrenme Anlayışların Ortak Özellikleri	11
2.2 Alternatif Fikirler	12
2.2.1 Ön bilgilerin Farklı Adlandırılmalarına Sebep Olan Görüşler	12
2.2.2 Alternatif Fikirlerin Temel Özellikleri	15
2.2.3 Elektrikle İlgili Kavramlar ve Özellikleri	16
2.2.4 Basit Elektrik Devrelerinde Alternatif Fikirler Üzerine Yapılmış Çalışmalar	17
2.3. Kavramsal Değişim	25
2.3.1 Kavramsal Değişim İçin Öğretim Stratejileri	28
2.3.1.1 Bilişsel Çatışma ve Çatışmanın Çözümü Temelli Stratejiler	28
2.3.1.2 Öğrencilerin Var Olan Fikirleri Üzerine İnşa Edilen ve Onları Analoji Kullanarak Yeni Bir Alana Genişleten Stratejiler	31
2.3.2 Basit Elektrik Devrelerinin Öğretimi Üzerine Literatürde Yapılmış Çalışmalar	32
2.3.3 Bu Çalışmada Uygulanan Öğretim Modelinin Temel Özellikleri	46
3 YÖNTEM	50
3.1 Örneklem	52
3.1.1 Örneklem Seçimi	52
3.1.2 Grupların Oluşturulması	53
3.1.3 Örneklemin Özellikleri	54
3.2 Verilerin Toplanması	54
3.2.1 Kavramsal Anlama Testi	56
3.2.1.1 Kavramsal Anlama Testinin Özellikleri	57
3.2.1.2 Soruların Hazırlanması	57
3.2.1.3 Soruların Geliştirilmesi	58

3.2.1.4 Öğretim Öncesi ve Sonrası Testlerde Kullanılan Soruların Tanıtımı	59
3.2.1.6 Soruların Uygulanması	65
3.2.2 Görüşme	66
3.2.2.1 Görüşme Soruları	66
3.2.2.2. Görüşme süreci	69
3.3 Verilerin Analizi	70
3.3.1 Kodlama Sistemi	72
3.1.2 Veri Analizinde İkincil Araştırmacı Kullanılması	75
4. ÖĞRETİM MODELİNİN TASARLANMASI VE UYGULANMASI	77
4.1 Tasarlama	77
4.1.1 Öğretim Modeli ve Dayandığı Teorik Temeller	77
4.1.2 Öğretimde Kullanılan Yöntemler	78
4.1.3 Öğretim ve Alternatif Fikirler	80
4.1.4 Öğretime Kavramsal Açıdan Bakış	81
4.2 Uygulama	86
4.2.1 Deney Grubunda Gerçekleştirilen Öğretim	86
4.2.2 Kontrol Sınıfında Gerçekleştirilen Öğretim	112
4.2.3 Deney ve Kontrol Gruplarında Uygulanan Öğretimlerin Karşılaştırılması	117
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	119
5.1 Kavramsal Anlama Testinde Yer Alan Sorulardan Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	119
5.2 Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırmalar	272
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	282
6.1 Sonuçlar	282
6.2 Öneriler	294
6.3 Araştırmacının Karşılaştığı Zorluklar ve Deneyimleri	298
EKLER :	
EK A-1 Çalışmada Uygulanan Öğretim Modelinin Öğretmen Kılavuzu	300
EK A-2 Çalışmada Uygulanan Öğretim Modelinin Öğrenci Kılavuzu	314
EK B Sınıf İçi Kamera Çekimlerinden Elde Edilen Fotoğraflar	338
EK C 5. Bölümde Verilmeyen Kavramsal Değişim Şekilleri	343
EK D İzin Dilekçesi	348
KAYNAKÇA	349

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1	8-12 yaş arası öğrencilerin elektrik akımıyla ilgili zihinsel modelleri	18
Şekil 3.1	Beşinci sorunun pilot çalışma ve ön testteki son hali.	59
Şekil 3.2	Kavramsal anlama testinde yer alan soruların hangi kavramları test etmeye yönelik olduğunu gösteren kavramsal şema.	64
Şekil 4.1	Şekil 4.1 Öğrencilerin doğru devre bağlantısına ulaşmaları amacıyla düzenlenen Etkinlik 1’de her bir gruba verilen malzemeler	87
Şekil 4.2	Öğrencilerin etkinliğin sonunda çizmiş oldukları devre şekilleri	87
Şekil 4.3	Şekil 4.3 Etkinlik 2’nin birinci kısmında kullanılan devre şekli.	88
Şekil 4.4	Etkinlik 2’nin ikinci kısmında kullanılan devre şekli	90
Şekil 4.5	Etkinlik 2’nin üçüncü kısmında kullanılan devre şekli	91
Şekil 4.6	Bölüm 2 - Etkinlik 2’de kullanılan devre şekli.	94
Şekil 4.7	Şekil 4.7 Bölüm 2 - Etkinlik 3’te kullanılan devre şekilleri.	95
Şekil 4.8	Bölüm 2 - Etkinlik 4’ ün ikinci kısmında kullanılan devre şekilleri.	97
Şekil 4.9	Bölüm 2 - Etkinlik 5’te kullanılan devre şekli.	98
Şekil 4.10	Bölüm 2 - Etkinlik 5’in sonunda bütün sınıfa öğretmen tarafından sunulan benzetme	98
Şekil 4.11	Bölüm 2 - Etkinlik 6’da kullanılan devre şekilleri.	99
Şekil 4.12	Bölüm 3 - Etkinlik 1’de kullanılan devre şekilleri.	103
Şekil 4.13	Bölüm 3 - Etkinlik 2’de kullanılan devre şekli.	104
Şekil 4.14	Bölüm 4 - Etkinlik 1’de kullanılan devre şekilleri.	106
Şekil 4.15	Bölüm 4 - Etkinlik 2’de kullanılan devre şekli.	107
Şekil 4.16	Bölüm 4 - Etkinlik 3’te kullanılan devre şekli.	108
Şekil 4.17	Bölüm 4 - Etkinlik 4’te kullanılan devre şekli.	109
Şekil 4.18	Bölüm 4 - Etkinlik 5’te kullanılan devre şekli.	110
Şekil 5.1	Deney grubu öğrencilerinin 2. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	129
Şekil 5.2	Kontrol grubu öğrencilerinin 2. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	130
Şekil 5.3	Deney grubu öğrencilerinin her birinin, 2. soruda ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	140
Şekil 5.4	Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin, 2. soruda ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	142
Şekil 5.5	Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun a, b, c, d şıklarında, ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	145
Şekil 5.6	Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun a, b, c, d şıklarında, ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	147

Şekil 5.7	Deney grubu öğrencilerinin herbirinin 3. sorunun a şığında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	163
Şekil 5.8	Kontrol grubu öğrencilerinin herbirinin, 3. sorunun a şığında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	164
Şekil 5.9	Deney grubu öğrencilerinin 4. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi	168
Şekil 5.10	Kontrol grubu öğrencilerinin 4. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	169
Şekil 5.11	Deney grubu öğrencilerinin herbirinin 4. soruda ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	180
Şekil 5.12	Kontrol grubu öğrencilerinin herbirinin 4. soruda ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	181
Şekil 5.13	Deney grubu öğrencilerinin 5. sorunun a şığı için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	184
Şekil 5.14	Deney grubu öğrencilerinin 5. sorunun b şığı için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi	184
Şekil 5.15	Kontrol grubu öğrencilerinin 5 sorunun a şığı için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi	187
Şekil 5.16	Kontrol grubu öğrencilerinin 5 sorunun b şığı için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	187
Şekil 5.17	Deney grubu öğrencilerinin herbirinin, 5. sorunun a şığında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	201
Şekil 5.18	Kontrol grubu öğrencilerinin herbirinin, 5. sorunun a şığında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	203
Şekil 5.19	Deney grubu öğrencilerinin 6. soru-I için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	206
Şekil 5.20	Deney grubu öğrencilerinin 6. soru -II için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	206
Şekil 5.21	Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru-I için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	208

Şekil 5.22	Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru -II için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	209
Şekil 5.23	Deney grubu öğrencilerinin her birinin, 6. soru -I' de ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	225
Şekil 5.24	Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin, 6. soru -I' de ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	227
Şekil 5.25	Deney grubu öğrencilerinin 7.soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	229
Şekil 5.26	Kontrol grubu öğrencilerinin 7. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	230
Şekil 5.27	Deney grubu öğrencilerinin herbirinin, 7. soru'da ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	239
Şekil 5.28	Kontrol grubu öğrencilerinin herbirinin, 7. soru'da ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	240
Şekil 5.29	Deney grubu öğrencilerinin 8. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	243
Şekil 5.30	Kontrol grubu öğrencilerinin 8. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	245
Şekil 5.31	Deney grubu öğrencilerinin herbirinin, 8. soru'da ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.	251
Şekil 5.32	Kontrol grubu öğrencilerinin herbirinin, 8. soru'da ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri	253
Şekil 5.33	Deney grubu öğrencilerinin 9. soru -a için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	256
Şekil 5.34	Deney grubu öğrencilerinin 9. soru -b için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	256
Şekil 5.35	Kontrol grubu öğrencilerinin 9. soru -a için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	258
Şekil 5.36	Kontrol grubu öğrencilerinin 9. soru -b için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.	259

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1	Üç sınıfın ön testten aldıkları puanların karşılaştırılması.	53
Tablo 3.2	Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin yaş ve cinsiyet özellikleri.	54
Tablo 3.3	Kavramsal anlama testinde yer alan soruların özellikleri.	65
Tablo 3.4	Öğrencilerin yaptıkları açıklamalardan kavramsal anlama testinden alacakları puanları hesaplamak için geliştirilen düzeyler.	72
Tablo 3.5	Yanıt kategorilerinin tutarlılık yüzdesi.	76
Tablo 3.6	Düzeylerin tutarlılık yüzdesi.	76
Tablo 4.1	Bölmelerde yer alan etkinliklerin süreleri ve işlenen kavramsal temalar.	82
Tablo 4.2	Etkinlik 2 – 1’de ki devre ile ilgili olarak grupların verdikleri yanıtlar ve açıklamalar.	88
Tablo 4.3	Deney ve kontrol gruplarında yapılan öğretimlerin kavramsal yapı ve sınıf içi etkileşimler bakımından karşılaştırılması.	118
Tablo 5.1	Deney grubu öğrencilerinin 1. soruyu yanıtlarken açıklamalarında kullandıkları kavramlar	120
Tablo 5.2	Kontrol grubu öğrencilerinin 1. soruyu yanıtlarken açıklamalarında kullandıkları kavramlar	125
Tablo 5.3	Deney grubu öğrencilerinin 2. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	128
Tablo 5.4	Kontrol grubu öğrencilerinin 2. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri	130
Tablo 5.5	Deney grubu öğrencilerinin 2. soruda yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri	132
Tablo 5.6	Kontrol grubu öğrencilerinin 2. soruda yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri	138
Tablo 5.7	Deney grubu öğrencilerinin 3. soru için ön test, son test ve Geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	144
Tablo 5.8	Kontrol grubu öğrencilerinin 3. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	146
Tablo 5.9	Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun a şığında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	148

Tablo 5.10	Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	150
Tablo 5.11	Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun c şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	152
Tablo 5.12	Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun d şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	154
Tablo 5.13	Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	156
Tablo 5.14	Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	158
Tablo 5.15	Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun c şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	159
Tablo 5.16	Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun d şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	161
Tablo 5.17	Deney grubu öğrencilerinin 4. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	167
Tablo 5.18	Kontrol grubu öğrencilerinin 4. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	169
Tablo 5.19	Deney grubu öğrencilerinin 4. soruda yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	171
Tablo 5.20	Kontrol grubu öğrencilerinin 4. soruda yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	178
Tablo 5.21	Deney grubu öğrencilerinin 5. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	183
Tablo 5.22	Kontrol grubu öğrencilerinin 5. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	186
Tablo 5.23	Deney grubu öğrencilerinin 5. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	190
Tablo 5.24	Deney grubu öğrencilerinin 5. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	194
Tablo 5.25	Kontrol grubu öğrencilerinin 5. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri	197
Tablo 5.26	Kontrol grubu öğrencilerinin 5. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri	199

Tablo 5.27	Deney grubu öğrencilerinin 6. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	205
Tablo 5.28	Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	208
Tablo 5.29	Deney grubu öğrencilerinin 6. soru-I'de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	211
Tablo 5.30	Deney grubu öğrencilerinin 6. soru-II'de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	218
Tablo 5.31	Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru-I'de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	221
Tablo 5.32	Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru-II'de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	223
Tablo 5.33	Deney grubu öğrencilerinin soru 7 için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	228
Tablo 5.34	Kontrol grubu öğrencilerinin soru 7 için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	230
Tablo 5.35	Deney grubu öğrencilerinin soru 7' de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	231
Tablo 5.36	Kontrol grubu öğrencilerinin soru 7'de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	237
Tablo 5.37	Deney grubu öğrencilerinin 8. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	243
Tablo 5.38	Kontrol grubu öğrencilerinin 8. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	245
Tablo 5.39	Deney grubu öğrencilerinin 8. soru'da yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	247
Tablo 5.40	Kontrol grubu öğrencilerinin 8. soru'da yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	249
Tablo 5.41	Deney grubu öğrencilerinin 9. sorunun a ve b için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri	255
Tablo 5.42	Kontrol grubu öğrencilerinin 9. sorunun a ve b için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.	258
Tablo 5.43	Deney grubu öğrencilerinin 9. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	260

Tablo 5.44	Deney grubu öğrencilerinin 9. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	262
Tablo 5.45	Kontrol grubu öğrencilerinin 9. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	263
Tablo 5.46	Kontrol grubu öğrencilerinin 9. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.	265
Tablo 5.47	Deney grubunda yer alan öğrencilerin öğretim sırasında dikkate alınan alternatif fikirler açısından kavramsal değişimi.	267
Tablo 5.48	Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin alternatif fikirlerle ilgili kavramsal değişimi.	268
Tablo 5.49	Deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş Son testte 10 ve 11. sorudan aldıkları puanlar.	270
Tablo 5.50	Kontrol grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş Son testte 10 ve 11. sorudan aldıkları puanlar.	271
Tablo 5.51	Deney grubu öğrencilerinin her üç testten aldıkları puanlar.	273
Tablo 5.52	Kontrol grubu öğrencilerinin her üç testten aldıkları puanlar.	274
Tablo 5.53	Deney Öncesi ve Sonrası Kavramsal Anlama Testi Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.	275
Tablo 5.54	Deney Grubunun Kavramsal Anlama Son test ve Geciktirilmiş Son test Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.	275
Tablo 5.55	Deney Grubunun Kavramsal Anlama Ön test ve Geciktirilmiş Son test Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.	276
Tablo 5.56	Kontrol Grubunun Öğretim Öncesi ve Sonrası Kavramsal Anlama Testi Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.	277
Tablo 5.57	Kontrol Grubunun Kavramsal Anlama Son test ve Geciktirilmiş Son test Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.	278
Tablo 5.58	Kontrol Grubunun Kavramsal Anlama Ön test ve Geciktirilmiş Son test Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.	278
Tablo 5.59	Kavramsal Anlama Sontest Puanlarının Deney ve Kontrol Gruplarına Göre Mann Whitney U-Testi Sonuçları	279
Tablo 5.60	Kavramsal Anlama Geciktirilmiş Sontest Puanlarının Deney ve Kontrol Gruplarına göre Mann Whitney U-Testi Sonuçları	280
Tablo 6.1	Deney ve kontrol gruplarının sorulara göre doğru ve yanlış açıklamaların yüzdeleri.	283
Tablo 6.2	Grup İçi ve Gruplar Arası İstatistiksel Sonuçlar ve Yorumları.	284

ÖNSÖZ

“Zaman su misali akar gider” demiş eskiler, dünden bu güne altı yıl geçmiş. Çalışmanın başında, yaşadığım ürkeklik ve yolun sonunu görememe beni oldukça endişelendiren bir durum olmuştu. Türkiye’de Fizik Eğitimi üzerine yapılan çalışmaların oldukça az olması ve yapılmış çalışmaların neredeyse tamamının yabancı kökenli ve yabancı bir dilde yazılmış olması bu endişelerimin kaynağı idi. Fakat bu endişeler yerini, literatürdeki çalışmaları okuyunca ve tezin yapısını oluşturmaya başlayınca tatlı bir heyecana bıraktı.

Doktora tezine başlamadan önce benimle çalışmayı kabul eden ve çalışmanın her aşamasında bana her türlü desteği veren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH’a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın her aşamasında yardımını esirgemeyen, her türlü bilgi paylaşımına açık ve dost canlısı sayın Yrd. Doç. Dr. Filiz KABAPINAR’a teşekkürün ötesinde ne denir bilemiyorum.

Öğretimin tasarlanması sırasında karşılaştığım sorunları çözmeme yardımcı olan ve üzerimde çok emekleri olan sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. R. Suat İŞILDAK’a ve Yrd. Doç. Dr. Ömer GEMİCİ’ye teşekkür gönül borcumdur.

Tezin belli aşamalarında yardımlarını ve moral desteklerini esirgemeyen sevgili dostlarım ve kardeşlerim Öğr. Gör. M. Emin KORKUSUZ, Yrd. Doç. Dr. Tuncay DİRMENCİ ve Arş. Gör. Bünyamin YURDAKUL’ a, ayrıca Fizik Eğitimi, Eğitim Bilimleri, İlköğretim Matematik ve Sosyal Bilgiler Öğretmeliği bölümündeki tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma yaptıkları yardımlarından ve sabırlarından dolayı şükranlarımı sunarım. Çalışmamızı destekleyen Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Tez çalışmamla ilgili olarak yurt dışına çıkmama olanak tanıyan ve her türlü yardımlarını esirgemeyen Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Mahir Alkan’a, Enstitü sekreteri Nermin Gürses’e ve tüm Enstitü çalışanlarına çok çok teşekkür ederim.

Bir yıl boyunca normal düzenini bizim için bozan ve öğretim sırasında her türlü zorluklara rağmen desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Nayim ÖZAY’a çok çok teşekkür ederim.

Benim için her gün dua eden, sevgili anneme, babama ve kardeşlerime sonsuz teşekkürler, iyiki varsınız...

Çalışmanın başından son anına kadar her aşamasında emeği olan sevgili eşim Hatice Asuman’a, duygularımın kelimelere baskın geldiği bu noktada, tezimi sana adadığımı belirtmeliyim...

Balıkesir, 2004

Hüseyin KÜÇÜKÖZER

1. GİRİŞ

Fen eğitimi alanında yapılan araştırmaların bulguları, öğrencilerin bilimsel fikirlerden farklılık gösteren bazı fikirler (alternatif fikirler ya da kavram yanılgıları) geliştirdiklerini ve söz konusu fikirlerin çoğu zaman öğretim sonunda da devam ettiğini ortaya koyar niteliktedir. Ayrıca araştırma sonuçları, alternatif fikirlerin öğrencilerin ileriki öğrenmelerini olumsuz yönde etkilediğini ve geleneksel öğretim yöntemleri uygulanarak bu fikirlerin değiştirilmesinin oldukça zor olduğunu da ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, fen eğitimcileri öğrencilerin öğretim öncesi sahip oldukları fikirlerin bilimsel fikirlere doğru değişimine yardımcı olacak bazı özel öğretim modellerinin kullanılmasının gerekliliğini vurgulamaktadırlar. Nitekim, bugün çeşitli fen kavramlarının öğretimine ilişkin özel öğretim modellerinin tasarlandığı ve değerlendirildiği pek çok çalışma mevcuttur. Özellikle fen eğitimcileri arasında son yıllarda oldukça popüler olan yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı olarak geliştirilen ve uygulanan öğretim modelleri bulunmaktadır. Çoğunlukla bu öğretim modellerinde amaç, öğrencilerin alternatif fikirlerinden bilimsel fikirlere doğru bir değişimi sağlayabilmek olmuştur.

Alternatif fikirlerin yoğun olarak kendini hissettirdiği kavramlardan birisi de, elektrik kavramıdır. Söz konusu kavrama ilişkin alternatif fikirler, öğrencilerin elektrik kavramına ilişkin bilgiyi yorumlama ve oluşturma sürecinde önemli bir role sahip olabileceğinden bu fikirlerin öğretim öncesinde belirlenmesi ve öğretim sırasında ve sonrasında değişiminin incelenmesi gereklidir.

Bu bölümde, araştırmanın amacı ve önemi, araştırma soruları, sayıtlar, sınırlılıklar ve araştırmanın yapısı üzerinde durulacaktır.

1.1 Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, lise I. sınıf fizik ders programında yer alan "Madde ve Elektrik" ünitesindeki "Basit Elektrik Devreleri" konusu ile ilgili olarak öğrencilerin öğretim öncesi düşünce biçimlerini belirlemek ve bu belirlenen düşünce biçimleri ışığında geliştirilen ve uygulanan öğretim yaklaşımının kavramsal anlamaya ve değişime olan katkılarını incelemektir. Bu amaç doğrultusunda çalışma süresince aşağıda sıralanan işlemler yapılmıştır:

- Konunun öğretiminden önce, ilgili literatürden yararlanılarak oluşturulan ve pilot çalışma sonucunda son hali verilen kavramsal anlama testinin uygulanması ve dokuz öğrenci ile yapılan yarı yapılandırılmış birebir görüşmeler yardımıyla öğrencilerin konuyla ilgili düşünce biçimleri ortaya çıkarılmıştır.
- Öğretilecek olan kavramların özellikleri ve öğrencilerin bu kavramlarla ilgili öğretim öncesi düşünce biçimleri dikkate alınarak bir öğretim modeli geliştirilmiştir.
- Geliştirilen öğretim modelinin kavramsal anlamaya olan katkısını ve geleneksel öğretim yönteminden olan farklılıklarını belirleyebilmek amacıyla bir lise I. sınıfında uygulanmıştır.
- Uygulama sırasında ve/veya sonrasında yapılan değerlendirmelere göre, öğretim modeli yeniden gözden geçirilmiş ve konu alanına yönelik örnek bir öğretim yaklaşımı olarak sunulmuştur.

1.2 Araştırmanın Önemi

Fen eğitiminde 1970'lerden itibaren yapılan araştırmalar, öğrencilerin çeşitli fen kavramlarına ilişkin bilimsel fikirlerle çelişen bazı düşünce biçimlerine sahip olduklarını ortaya koymuştur [1, 2, 3, 4]. Yine araştırma sonuçları söz konusu düşünce biçimlerinin yeni öğrenilecek bilgileri önemli ölçüde etkilediğini ve geleneksel anlayışta yapılan öğretim yaklaşımları ile bilimsel olarak doğru kabul edilen fikirlere doğru değişiminin oldukça zor olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı bu fikirlerin öğretim sürecinde dikkate alınması ve kavramsal anlamaya ve değişime yardımcı olacak öğretim etkinliklerine yer verilmesi oldukça önem kazanmaktadır.

Fizikte diğer konu alanlarına (özellikle mekanikte) kıyasla elektrik konularının öğrenciler tarafından anlaşılmasının daha zor olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir [5, 6]. Elektrik devreleriyle ilgili akım, potansiyel farkı, direnç gibi konular soyut olup öğrenciler tarafından anlaşılmasını oldukça zordur. Bu bakımdan bu araştırmada yapılan öğretim, soyut olan bu konuların öğrencilerin zihinlerinde somut bir şekilde yer almasına yardımcı olabilecek etkinliklere yer vermesi açısından önemlidir.

Avrupa ve Amerika’da kavramsal anlama ve değişim üzerine yapılan çalışmalar 1980’li yıllarda başlamasına rağmen ülkemizde bu türden çalışmalar henüz çok yenidir. Basit elektrik devreleri üzerine öğrencilerin fikirlerini dikkate alması ve bu fikirlerden bilimsel fikirlere doğru gelişimi sağlayabilecek etkinliklere öğretimde yer vermesi bakımından çalışma, kavramsal anlama ve değişim üzerine yapılmış araştırmalara önemli katkı yapacağı beklenirken Türkiye’de yapılmış araştırmalar söz konusu olduğunda ise konu alanı itibariyle ilkler arasında yer alacağı düşünülmektedir.

1.3 Araştırma Soruları

Araştırmanın amacına hizmet edeceği düşünülen araştırma sorularının temel içeriği, öğrencilerin basit elektrik devreleri konusu ile ilgili düşünce biçimleri, kavramsal anlamaları ve bilgilerinin kalıcılığı üzerinedir. Araştırma soruları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

1. Öğretim ncesi ve sonrasında öğrencilerin basit elektrik devreleri ile ilgili düşünce biçimleri nelerdir?
2. Öğrencilerin “pillerin sabit akım kaynağı olması”, “akımın devre elemanlarınca harcanması”, “potansiyel farkı, akım ve enerji kavramlarının birbiri yerine kullanılması” “pil sayısı arttıka lambanın parlaklığının artması” ve “anahtar kapatıldığında bütün lambaların snmesi” alternatif fikirleriyle ilgili olarak ğretim sırasında yapılan kavramsal değişim etkinlikleri ne derecede etkili olmuştur?
3. Deney grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ntest puanları ile kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
4. Deney grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama sontest puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
5. Deney grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ntest puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş sontest puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
6. Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ntest puanları ile kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

7. Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama son test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
8. Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ön test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
9. Deney ve kontrol gruplarının kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?
10. Deney ve kontrol gruplarının kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

1.4 Sayıtlar

Çalışmaya yön veren felsefi anlayış; yapılandırmacı (constructivist) öğrenme kuramı ve onun bir türü olan sosyal yapılandırmacı yaklaşımdır. Bu nedenle araştırmaya ilişkin sayıtlarının çoğunluğu bu yaklaşımın temel kabullerinden destek almaktadır. Sayıtlar aşağıda sunulmaktadır:

- Öğrenci kendi bilgisini kendisi kurar.
- Öğrencilerin önceki yaşantıları sonucunda oluşturduğu bilgiler, daha sonraki öğrenmelerinde etkin bir rol oynar.
- Öğrencinin kendi bilgisini oluşturma sürecinde bir diğer önemli faktör ise çevresiyle olan etkileşimleridir. Bunlar, öğrencilerin maddesel ve sosyal çevresi ile olan etkileşimlerdir.
- Bilginin oluşturulma sürecinde, yapılandırılacak bilginin niteliği öğrencilerin öğrenmesini etkiler: Konu ile ilgili kavramların özellikleri (somut veya soyut), kavramlar arası ilişkiler ve bağıntılar öğrenmede önemli bir rol oynar.
- Literatürden yararlanılarak geliştirilen kavramsal anlama testi öğrencilerin konu ile ilgili görüşlerini ortaya çıkarmada yeterlidir.
- Katılımcılar veri toplama araçlarını içtenlikle yanıtlamışlardır.

1.5 Sınırlılıklar

Bu araştırma,

- “Madde ve Elektrik” ünitesinde yer alan “Basit Elektrik Devreleri” konusu,
- 2002-2003 öğretim yılı Balıkesir il merkezindeki bir lisede yer alan iki lise I. sınıfta bulunan toplam 46 öğrenci ile,
- nitel veri toplama yöntemlerinden, kavramsal anlama testi ve yarı yapılandırılmış görüşmelerle

sınırlı tutulmuştur.

1.6 Araştırmanın Yapısı

Araştırmada sunulan rapor, 6 temel bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler ile ilgili tanıtıcı bilgiler aşağıda kısaca sunulmaktadır.

- Bölüm I: Araştırmanın amacı, önemi, soruları, sayıtları ve sınırlılıklarına ilişkin bilgilerin verildiği kısımdır.
- Bölüm II: Araştırmanın literatür taraması ile ilgili olan bu bölümde; öğrenme üzerine yapılandırmacı anlayışlar, alternatif fikirlerle ilgili temel görüşler, basit elektrik devrelerinde alternatif fikirler üzerine yapılmış çalışmalar, kavramsal değişim, öğretime yönelik yapılan çalışmalar ve bu çalışmada tasarlanan öğretim yaklaşımına ilişkin bilgiler verilmektedir.
- Bölüm III: Araştırmanın yöntemiyle ilgili olan bu bölüm; örneklemin özellikleri, verilerin toplanması ve verilerin analizi ile ilgili bilgileri içermektedir.
- Bölüm IV: Deney ve kontrol gruplarında yapılan öğretim yöntemleri ile ilgili bilgileri içermektedir.
- Bölüm V: Araştırmadan elde edilen bulgular ile ilgili bölüm; öntest, sontest ve geciktirilmiş sontestte her bir sorudan elde edilen nicel ve nitel veriler ile bu veriler ile ilgili yorumları içermektedir.
- Bölüm VI: Sonuç ve önerilerin sunulduğu bölümdür.

Bir sonraki bölümde, araştırmaya yön veren teorik çerçeve üzerinde durulmakta ve basit elektrik devreleri konusunda öğrencilerin alternatif fikirlerini belirleme ve öğretim üzerine yapılmış çalışmalardan bahsedilmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, araştırmaya yön veren felsefik anlayış, genel olarak alternatif fikirler, özel olarak basit elektrik devrelerindeki alternatif fikirler, alternatif fikirlerden bilimsel fikirlere doğru bir değişimin sağlanabilmesi için önerilen kavramsal değişim stratejileri, basit elektrik devrelerinin öğretimi üzerine yapılmış çalışmalar ve bu çalışmada tasarlanan ve uygulanan öğretim modelinin temel özellikleri üzerinde durulmuştur.

2.1 Öğrenme Üzerine Yapılandırmacı Görüşler

1950-1960'lı yıllarda eğitimde baskın olan davranışçılık (behaviourism), deneysel (empiricist) çizgiyi sürdüren psikolojik bir akımdır. Deneyselciler, bilgiyi dikkatli gözlemler ve mantık sayesinde kanıtlanmış olarak görmektedirler [7]. Bu akımın genel olarak fikirleri şunlardır:

- Bilgi tüme varımcı bir yolla toplanılır;
- Bilimsel toplum tarafından tuhaf olarak karşılanan kavramlar (conception) basitçe yanlıştır ve bunlar yanlış kavramlar (misconceptions) olarak adlandırılırlar;
- Yanlış kavramları önlemenin yolu sırasıyla dikkatli gözlemler yaptırmak ve mantıksal süreçleri öğretmektir [7].

Davranışçılık, hayvanlarla yapılan deneylerden türevlenmiş, gözlem temelli ve insan davranışlarının nedenlerinden çok sonuçlarına odaklanan bir öğrenme yaklaşımıdır [8]. Bu öğrenme kuramı, hedef ve davranışların açık bir şekilde belirlenmesi, bilgi ve beceri arasındaki farkın ayırt edilmesi, öğrenme hiyerarşisi ve taksonomilerinin organize edilmesi üzerine odaklanmaktadır [9]. Bu anlayışta öğrenciler, hedefler doğrultusunda belirlenmiş olan davranışları gösteriyorlarsa öğrenmeyi gerçekleştirdikleri kabul edilmektedir.

1970'lerin sonunda davranışçılıktan bilişsel öğrenme yaklaşımlarına doğru felsefik bir kayma görülmüştür. Yapılandırmacılık, bilişsel anlayışta olan ve temelleri Piaget tarafından atılan bir öğrenme kuramıdır [8].

Yapılandırmacı öğrenme kuramının temelinde İmmanuel Kant'ın ve onun takipçisi olan Jean Piaget'in fikirleri vardır. İmmanuel Kant, bilginin kişide önceden

var olan zihinsel yapılar aracılığıyla yapılandırıldığını savunan akılcılık (rationalism) çizgisindeki bir felsefecidir. Kantçılar, bu zihinsel yapıların doğru bir şekilde uygulanmasının kişiyi yaklaşık olarak gerçek bilgiye ulaştıracağını belirtmektedirler. Bu duruma en güzel örneğin de Newton Fiziği ve Öklid Geometrisinin olduğunu ifade etmektedirler. Çünkü mantığın yerinde uygulamalarının ideale yakın bir durumla sonuçlanabileceğini düşünmektedirler [7]. Piaget'in bilgi bilimi (epistemoloji) üzerine görüşleri, Kant'ın fikirlerinden güçlü bir şekilde etkilenmiştir. Piaget bilgi bilimini, felsefik bir alandan deneysel bir alana geliştirmek istediğinden birçok araştırmacı onu, insandaki bilginin gelişimi ile ilgilenen deneysel bilgi bilimci olarak görmüştür [10].

Dış dünya hakkındaki bilginin insanın zihinsel gelişimi ve bunun sonucunda gerçekleşen zihinsel bir yapılanma ile oluştuğu fikrini benimseyen yapılandırmacı öğrenme modelinin temsilcileri; öğrencilerin sahip oldukları bilgilerini kendilerinin yapılandığı ve bu yapılanmada önceden sahip oldukları fikirlerini kullandıklarını ileri sürmektedirler. Bu yüzdendir ki, yapılandırmacı öğrenme anlayışını benimsemiş araştırmacılara göre; öğrencilerin konu ile ilgili ön bilgileri, yeni öğrenilecek bilgiyi büyük ölçüde etkilediğinden çok büyük bir öneme sahiptir [10, 11]. Bu bağlamda, öğrenme bilgi transferi olarak değil, öğrencinin kendi bilgisini önceden bildiklerinin temelinde aktif bir şekilde yapılandırması, hatta yaratması olarak görülmektedir.

Yapılandırmacı öğrenme anlayışının bir diğer özelliği de, bilginin yapılanması sürecinde bireylerin içinde bulunduğu sosyal ortamın önemli bir rol oynamasıdır [10]. Bu anlayışa göre, bilgi belli bir sosyal ortam içinde yapılandırılmış olup, ideoloji, din, politika, ekonomi, insan ilişkileri ve öğrenme çevresinin maddi özelliklerinden etkilenmektedir [12]. 1980'li yıllara kadar yapılan araştırmalarda bilgi yapılanmasının sosyal boyutu göz ardı edilmişken daha sonra bu boyut, sosyal yapılandırmacı (social constructivism) anlayışta hayat bulmuştur. Sosyal perspektifler, yapılandırmacı anlayışın sosyal ve bireysel yapılandırmacılığın her ikisini de birleştiren bir görüşe doğru zenginleşmesini ve gelişmesini sağlamıştır [10].

Özet olarak, günümüzde yapılan araştırmalarda kullanılan üç çeşit yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı bulunmaktadır. Bunlar bilişsel (cognitive),

sosyal (social) ve radikal (radical) yapılandırmacıdır. Bunlardan ilk ikisi fen eğitimi araştırmalarında sıklıkla kullanılan yaklaşımlardır [13].

Bilişsel ve sosyal yapılandırmacı anlayışların ortak özelliği; öğrencinin öğrenme ortamında pasif bir alıcı olmadığı, kendi bilgisini aktif bir şekilde kendisinin inşa ettiği ve öğrencinin önceki bilgilerinin yeni öğreneceği bilgileri öğrenme sürecinde etkin bir rol oynayacağı şeklindedir. Bu iki yaklaşımı birbirinden ayıran en temel özellik ise, bilginin öğrenci tarafından kazanım sürecidir. Bilişsel yapılandırmacılar, dış dünya ile ilgili özelliklerin zihinsel tasvirlerinin insanın beyninde depolandığını vurgulamakta, öğrenmeyi zihnin bir yapılanması ve bilgiyi de kişinin sahip olduğu bir Şey olarak görmektedirler. Sosyal yapılandırmacılar da zihinsel tasvirlerin insanın beyninde depolandığını kabul etmenin yanında bilginin, toplumun üyeleri arasında dağılmış ya da paylaşılmış olabileceğini ifade etmektedirler. Bu anlayışta bilgi, birey ve toplumun diğer üyeleri arasında yer alan bir Şey olarak görölmektedir [10].

Yapılandırmacılık teorisinin üçüncü yaklaşımı olan ve düşüncelerini J. Piaget'nin çalışmaları üzerine kuran Amerikalı psikolog Ernst von Glasersfeld tarafından öne sürölen radikal yapılandırmacılık, bilişsel ve sosyal yapılandırmacılığın ortak özelliklerini kabul etmenin yanında aşağıda kısaca belirtilen görüşleri de ileri sürmektedir. Bu anlayışta bilgi [14]:

- Gözlemci-çevre ilişkisi sonucunda oluşturulmuş bir ürün değildir;
- Tarihi ve kültürel içerik içinde bireyler tarafından keşfedilmekten ziyade yaratılmaktadır;
- Her Şeyin görelili olduğu ve tercih edilen bir kavramsal yapının olmadığı çevreden ziyade, bireysel deneyimler sonucunda oluşturulmuşlardır.

Ayrıca bu görüş, bilgi kazanımı ile ilgili olarak da,

- Bilgi pasif bir şekilde alınmamakta, öğrencinin zihninde aktif bir şekilde inşa edilmekte,
- Biliş'in (cognition) fonksiyonu, çevrenin anlamlandırılmasına hizmet etmek ve çevreye adapte olmaktır,

görüşlerini savunmaktadır.

2.1.1 Piaget ve Vygotsky'nin Öğrenme Üzerine Temel Fikirleri

Piaget'nin biyoloji alanındaki eğitimi, bilginin zihinde yapılanması hakkındaki görüşlerini önemli ölçüde etkilemiştir. O, bu bilgi yapılanmasını kişinin çevresindeki yaşama olan uyumuna benzeterek açıklamıştır [10]. Piaget'e göre bilişsel gelişim, kalıtım ve çevrenin etkileşiminin bir sonucudur [15]. Bilişsel yapılandırmacılar, bireyin zihninde bilginin nasıl oluştuğu ve öğrenmeyi açıklamada Piaget'nin bu konudaki fikirlerini kullanarak yorum getirirler [13].

Piaget'nin düşüncesinin merkezini, bireyin karşılaştığı yeni bir olay, fikir veya kavramın var olan bilişsel yapısına özümlemesi (assimilation), veya bilişsel yapısının yeniden düzenlenmesi (accomodation) ve her iki durum sonucunda da bireyin bilişsel yapısının tekrar dengeye (equilibration) gelmesi oluşturmaktadır. Piaget, özümleme, düzenleme ve dengelemeyi kişinin çevresine uyumunu sağlayan bilişsel süreçler olarak görmektedir [10]. **Özümleme**, bireyin kendisinde var olan bilişsel yapısıyla çevresine uyumunu sağlayan bilişsel bir süreçtir. Yani bireyin karşılaştığı yeni bir olayı veya fikri herhangi bir problemle karşılaşmadan kendinde var olan bilişsel yapı içerisine alması sürecidir [15]. Eğer yeni olay ya da bilgi bireyin bilişsel yapısına uymuyorsa, bu var olan bilişsel yapı yeniden yapılanma süreci geçirir. Bu uyum süreci **düzenleme** olarak adlandırılmaktadır. Bilişsel gelişimde **dengeleme**; özümleme ve düzenlemenin her ikisinin sonucunda bireyin bilişsel yapısının dengeye ulaşma sürecidir. Bireyin çevreyle olan tüm etkileşimlerinde dengeleme süreci devamlı yer almaktadır. Yeni bilgi ile karşılaşmadan önce bireyin bilişsel yapısı dengede olup, bilişsel yapıya uysun veya uymasın yeni bilgi bilişsel yapı içerisine alınarak veya düzenlenerek yeniden denge sağlanır.

Piaget, bilginin özellikle birey tarafından yapılandırıldığını savunurken, Lev Vygotsky bilginin sosyal çevre içindeki bireyler tarafından paylaşıldığını ve kişinin bu sosyal çevre ile etkileşimleri sonucunda bilgiyi oluşturduğunu kabul etmektedir.

Sosyal yapılandırmacılar, öğrenmeyi açıklamada Lev Vygotsky'nin teorilerini kullanırlar. Rus psikoloğu Lev Vygotsky, çocuğun bilişsel gelişiminde sosyal çevrenin önemli bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Bireyin sosyal çevresiyle olan etkileşimleri sonucunda bilgisinin oluştuğu yani kazanılan kavramların, fikirlerin, becerilerin kaynağı olarak hep sosyal çevreler gösterilmektedir [13, 15, 16]. Bireyin

içinde yaşadığı çevre ve kültür olayları algılamasını ve **anlamlandırmasını** (meaning making) etkiler ve birey bilgilerini bunlar vasıtasıyla oluşturur [13]. Kısacası, bireyin bilgiyi **içselleştirmesinde** (internalization) sosyal çevresi önemli bir role sahiptir.

Vygotsky'ye göre bireyde bilişsel gelişime, psikolojik ve teknolojik araçlar aracılık etmektedirler [17, 18]. Bunlar **bilişsel gelişim araçları** olarak adlandırılmaktadır. Psikolojik araçlar dil ve matematik, teknolojik araçlar ise bilgisayarlar, hesap makineleri, termometreler, mercekler, mikroskoplar v.s'dir. Psikolojik araçlar, bireylere olaylar hakkında düşünme, davranma ve konuşma için bir yol, bir bakış açısı sağlarlar. Teknik araçlar ise, gözlenen olayın farklı fiziksel karakteristiklerine imkan tanıyarak farklı bir perspektiften bireyin bakmasını sağlarlar [17, 18].

Vygotsky sınıf ortamında, öğretmenin öğrencilerin bilişsel gelişiminde üstleneceği rolünü **yakınsal gelişim alanı (YGA)** (zone of proximal development-ZPD) ile açıklamaya çalışmıştır [16]. Öğrencinin yardım almadan kendi kendine sağlayacağı gelişim düzeyi ile öğretmenin (başka bir yetişkinin, uzmanın veya kendi arkadaşlarının) rehberliğinde gösterebileceği gelişim düzeyi arasındaki fark, öğrencinin yakınsal gelişim alanı olarak tanımlanmaktadır [15, 19]. Öğrencinin yakınsal gelişim alanının etkili olarak kullanılmasında öğretmenlerin, yetişkinlerin ve arkadaşlarının önemli katkıları bulunmaktadır.

Vygotsky'nin YGA ile ilgili fikirleri, problem çözme etkinliklerinde de kullanılarak geliştirilmiştir [19]. Sosyal yapılandırmacılar YGA' nın, öğrencinin sınıf ortamında kendi başına çözebildiği problemlerden başlayıp, daha sonra problemleri zorlaştırarak ve ancak öğretmenden veya arkadaşlarından yardım alarak çözebileceği problemlere doğru üst düzey davranışların yoklanmasında kullanılabileceğini ifade etmektedirler [19].

Senemoğlu [15], sınıf ortamında öğretmenlerin öğrencileri çalışmalarını sırasında aşırı derecede bağımsız bırakmalarını gerektiğini, aşırı bağımsızlığın bilişsel gelişimi yavaşlatabileceğini vurgulamaktadır. Öğrencinin bilgiyi içselleştirebilmesi için, sistematik olarak daha karmaşık durumlara veya problemlere yönlendirilmesi gerekmektedir. Öğrencinin giderek karmaşık hale gelen olayları, problemleri anlayabilmesi için öğretmenin veya sınıf ortamındaki arkadaşlarının

yardımına ihtiyacı vardır [15]. Nitekim yakınsal gelişim alanının kullanıldığı bu yardım süreci sonunda öğrenci bilgiyi içselleştirebilecektir.

2.1.2 Yapılandırmacı Öğrenme Anlayışların Ortak Özellikleri

Sonuç olarak, günümüzde yapılandırmacı öğrenme kuramını benimsemiş araştırmacılar, hem bilişsel hem de sosyal yapılandırmacılığın temel fikirlerini kabul ederek bir senteze gitmişlerdir. Yapılandırmacılıkla ilgili literatür, öğrenme ve öğretme süreçlerine ilişkin aşağıda maddeler halinde sıralanan prensipleri önermektedir [1, 12]:

1. Öğrencilerin konu ile ilgili herhangi bir öğretim almadan önce, bilimsel kavramlar ve olaylarla ilgili olarak kendilerinin geliştirdikleri bazı ön bilgileri vardır. Öğrenciler, öğretim ortamına geldiğinde zihni doldurulacak boş bir vazo şeklinde algılanmamalıdır.
2. Bilginin kişisel ve sosyal yapılanması, öğrencinin parçası olduğu aktif bir süreçtir.
3. Öğrenme sadece öğrenme ortamına değil, öğrencinin bilgisine, amacına ve motivasyonuna da bağlıdır.
4. Öğrenciler bilgiyi pasif bir şekilde alan değil, bilgiyi aktif olarak yapılandıran bireylerdir.
5. Öğrenme, öğrencinin var olan bilgisi temelinde yeni bilginin yapılandırılması sürecidir.
6. Öğretim, bilginin transferini değil, öğrencinin bilimsel fikirleri doğru bir şekilde anlayıp, yorumlayabileceği sınıf içi öğretim etkinliklerinin organizasyonunu içermektedir.
7. Öğretmen, öğrencilerine bilgiyi doğrudan veren değil, onların kendi bilgisini kendisinin yapılandığı bir ortam içinde kılavuzluk eden kişidir.
8. Öğretmenlerinde gerek konu ile ilgili gerekse öğrenme ve öğretime ilişkin bazı fikirleri vardır. Bu fikirler, öğretmenlerin konu ile ilgili öğretimi planlama ve uygulama aşamalarını yönlendirmektedir.

Yukarıdaki ifadeler fen eğitimcileri tarafından kabul gören yapılandırmacılığın temel görüşleridir. Öğretim sırasında, öğrencilerin ön bilgilerinin dikkate alınması, bu öğrenme kuramında adeta bir zorunluluk halini almıştır. Ayrıca öğrencilerin birbirlerinin fikirlerinin ne olduğunun farkında olacağı,

arkadaşlarıyla bilgi alış verişinde bulunabileceği ve bunların sonucunda da kendi bilgisini kendisinin yapılandıracağı bir öğretim ortamının öğretmen tarafından düzenlenmesi oldukça önemlidir [20].

Öğretilecek kavrama ilişkin öğrencilerin ön bilgilerinin yeni kazanılacak bilgiyi önemli ölçüde etkilemesi nedeniyle ön bilgiler yapılandırmacı anlayıştaki araştırmacıların büyük ilgisini çekmiştir. Aşağıdaki bölümde öğrencilerin sahip olduğu bu fikirlerin karakteristikleri üzerine görüşler yer almaktadır.

2.2 Alternatif Fikirler

Son 20-30 yıldır, araştırmacılar öğrencilerin öğretim öncesinde sahip olduğu fikirler üzerine odaklanmıştır [21]. Herhangi bir öğretim almadan önce öğrencilerin dış dünyayı algılama ve anlama sürecinde geliştirdikleri bir takım dikkate değer bilgi ve fikirleri vardır. Yapılan birçok çalışmada da çıkan ortak sonuç, bu fikirlerden bazılarının bilimsel olarak kabul edilen fikirlerden oldukça farklı olduğudur [4]. Literatürde öğrencilerin sahip olduğu bu fikir ve bilgiler farklı araştırmacılarca farklı şekillerde isimlendirilmiştir [22]. Bunları, **yanlış anlamalar** (Doran 1972, Helm ve Novak 1983, Ivowi 1983), **alternatif fikirler (yapılar)** (Driver ve Erickson 1983), **öğrencilerin kavramları/inaçları** (Aguirre 1978, Albert 1978, Nussbaum ve Novak 1976), **kültürel inançlar** (Cole 1975, Odhiambo 1968), **öğrencilerin bilimi** (Osborne ve ark 1983), ve **öğrencilerin önceki deneyimleri** (Adeyinka 1983) şeklinde sıralayabiliriz [22]

2.2.1 Ön bilgilerin Farklı Adlandırılmalarına Sebep Olan Görüşler

Öğrencilerin sahip oldukları öğretim öncesi fikirlerine bu farklı isimlerin verilmesinin nedeni araştırmacıların, söz konusu fikirlere ilişkin görüşlerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Gilbert ve Watts [4], araştırmacılar tarafından benimsenen görüşleri **klasik**, **olgusal** ve **ilişkisel** olmak üzere üç başlık altında toplamışlardır. Bu görüşler doğrultusunda da öğrencilerin fikirlerinin bu üç görüşten hangisinin içine girdiğini belirlemişlerdir. Kavrama ilişkin bu üç görüş aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Klasik görüş'e göre, bir kavrama ilişkin bütün durumlar ortak özelliklere sahiptirler ve bu özellikler kavramı tanımlamada yeterli ve gereklidir. Bu görüşe ait bazı fikirler aşağıda sıralanmıştır:

- Bilginin zihinde aşamalı seviyelere ayrıldığı ve bu parçaların da küçük parçacıklara ayrılabilmesi ve özgürce çalışabileceği,
- Bilgi kazanım süreci, aşamalı bir düzende ve birbirinden ayrıştırılabilir temel basamaklardan oluşmaktadır. Buna göre bilgideki gelişim bir önceki aşamanın bütünüyle kazanılıp kazanılmadığına bağlıdır,
- Genel veya özel bilgi, durağan, mantıklı ve organize bir sistem olarak ifade edilir.

Bu görüşte, bir kavrama ilişkin yukarıda sıralanan özelliklerin bir veya daha fazlasını taşımayan bir örnek **“yanlış kavram (misconceptions)** olarak ifade edilmektedir. Klasik görüşü benimseyen fen eğitimcileri, bilimsel fikirler ile uyuşmayan düşünce biçimlerini tanımlamak için kavram yanlışları terimini kullanmaktadırlar.

Olgusal (actional) görüş, kavramların aktif, yapıcı ve kasıtlı olarak oluşturulduğu fikrine dayanmaktadır. Klasik görüş ile çelişen bu görüşün temelinde yatan fikirler aşağıda sıralanmıştır:

- Kavramlar “deneyimlerimizi organize etme yolları” olarak ifade edilirler. Yeni deneyimler kavramların terk edilmesine sebep olmaz. Aksine bütün bilişsel öğrenmeler mevcut bilginin yeniden kavramsallaştırılması derecesini içermektedir (Freyberg ve Osborne [4]);
- Kavramsal gelişim, sürekli, aktif ve farklılaşmanın yer aldığı yaratıcı bir süreçtir ve kavramsal bölgelerin birleştirilmesini içermektedir (Kelly [4]). Hiçbir şey durağan değildir ve değişmeden kalmaz;
- öğrencilerin hataları, dikkatsiz veya zayıf öğretimin, yetersiz öğrenmenin ve bilişsel yapıdaki bozuklukların bir sonucu olmaktan çok kişisel olarak oluşturulan doğal bir gelişim olayı olarak görülmektedir;
- Yüksek düzeyde bilgi, kişinin şahsi kavramlarına bağlıdır.

Olgusal görüşü benimseyen fen eğitimcileri, öğrencilerin sahip olduğu fikirleri **“çocukların bilimi”** veya **“alternatif fikirler (veya alternatif kavramlar)”**

terimini kullanmaktadırlar. Çocukların bilimi terimi, toplumun bilime verdiği değerlerle ve bilimsel metodun bazı görüşlerini kullanarak çocukların geliştirmiş olduğu fikirlere karşılık gelmektedir. Öğrencilerin bu fikirlerini, bilim adamlarının olaylara anlam verme biçimlerine benzer bir şekilde zihinsel süreçten geçtikten sonra edindiklerini ve bu yüzden de çocukların zihinsel gelişim düzeylerinin sınırlı olmasına rağmen onların da birer bilim adamı oldukları kabul edilmektedir (Novak, [4]). Alternatif kavramlar terimi ise, bireyin kişisel deneyimleri sonucunda elde ettiği bilgiyi, zihninde kendisinin düzenlediği ve yapılandığı anlamına gelmektedir. Buradaki alternatif kelimesi, öğrencilerin dış dünyanın nasıl çalıştığı ile ilgili fikirlerinin uzman bir fizikçininkinden farklı olduğu gerçeğini ima etmek için kullanılmaktadır. Kavram kelimesi ise, dış dünyanın nasıl çalıştığı ya da nasıl yapılandığı ile ilgili öğrencinin kendi kişisel bilgisi anlamında kullanılmaktadır [23].

İlişkisel (relational) görüş, klasik ve olgusal görüşler arasında yer almaktadır. Smith ve Medin [4], ilişkisel görüşü iki kısımda incelemektedirler. Bunlar, kavramların hem olası hem de örneksel parçalarını kapsayan birleşik bir görüştür. Araştırmacılar, örneklerin bir kavrama aitliğinin derecesi ve başka kavramlarla ilişkisine göre söz konusu kavram hakkında fikir edinilebileceği ifade edilmektedir.

İlişkisel görüşe göre, bir kavram başka bir kavramın sınırları içinde olabilir veya o kavramın özelliklerini taşıyan bir üyesi olabilirler. Klasik görüşten farklı olarak bu görüş, bir ağ içindeki kavramın ilişkisel organizasyonunun önemini vurgulamanın yanında, belirli ve ayırt edici özelliklere sahip olmasını da işaret eder. Bu yüzden ki “**ön kavramlar** (preconceptions)” deyimini ilişkisel görüş içinde yer alır. Driver ve Easley [4], bir ön kavramın ilk aşamasını onun olgunlaşmamış ve gelişmemiş hali olarak görmektedirler. Bununla birlikte, araştırmacılar ön kavram ve kavramın aynı ağ içinde yer alacağı fakat sahip oldukları özellikler ile de birbirlerinden ayırt edilebilecekleri ifade edilmektedir.

Kısaca, ilişkisel görüşü kabul eden fen eğitimcileri, öğrencilerin ön bilgilerini ön kavramlar olarak görmektedirler. Bu çerçevede, ön kavramlar terimi, öğrencilerin bir kavram hakkında sahip olduğu fikirlerinin, başlangıç aşamasında olduğunu, tamamlanmamış ve saf olduğunu ifade etmektedir.

Yukarıda sıralanan kavrama ilişkin görüşlerden ilişkisel görüşün fikirleri bu araştırmada benimsendiği için araştırmanın bundan sonraki bölümlerinde

öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilmeyen fikirleri alternatif fikirler olarak anılacaktır.

2.2.2 Alternatif Fikirlerin Temel Özellikleri

Öğrencilerin alternatif fikirleri üzerine yapılan çalışmalar, bu fikirlerin öğrencilerin doğumundan itibaren çevresiyle olan etkileşimleri sonucunda etrafındaki fiziksel çevrede gelişen olayları anlama ve yorumlama sürecinde doğal bir şekilde oluştuğunu belirtmektedir [23, 24]. Öte yandan, öğretimle bu fikirlerin değiştirilmesinin kolay olmadığı ve geleneksel öğretim metotlarıyla yapılan öğretim sonucunda öğrencilerin bu fikirlerinin değişmediği hatta daha da güçlü olarak yerleştiği gözlenmiştir [25]. Ayrıca, öğrencilerin fikirlerinin yeni öğrenecekleri konulardaki öğrenmelerine engel teşkil ettiği ve büyük ölçüde etkilediği de bir diğer önemli sonuçtur [2].

Öğrencilerin alternatif fikirleri üzerine yapılan çalışmalarda, söz konusu fikirlerin genel karakteristikleri konusunda bir takım ortak sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Öğrencilerin fikirleri çoğunlukla bilimsel fikirlerden farklıdır [2];
- Bu fikirler, genellikle öğrencilerin günlük deneyim ve dili kullanımlarından kaynaklanmaktadır [3, 23];
- Öğrencilerin fikirleri derin bir şekilde belleklerine işlenmiş olup eğitimle kolaylıkla değiştirilemeyebilir [2, 25 - 27];
- Belli görüşler farklı cinsiyet, yaş, ırk ve kültürdeki çoğu öğrenci için benzer olabilmektedir [3, 28, 29];
- Bu fikirler genellikle bilimsel olayları açıklamada önceki bilim adamlarının yapmış oldukları açıklamalarla paralellikler göstermektedir [3, 23].

Bu çerçevede, öğrencilerin fen kavramlarına ilişkin alternatif fikirlerinin yeni öğrenilecek bilgileri etkilemesinden dolayı bunların öğretim öncesinde belirlenmesinin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma, elektrik devreleri üzerine geliştirilecek ve uygulanacak olan öğretim stratejisinin öğrencilerin alternatif fikirlerinin kavramsal anlamda gelişimine etkisinin incelenmesi üzerine olacaktır. Çalışmada, elektrik devreleri konusunda geçen temel kavramların,

öğrenciler tarafından ezberlenmeden kavramsal olarak anlaşılmayı kolaylaştıracak biçimde bir öğretim modeli geliştirilmiştir. Fizikte diğer konu alanlarına (özellikle mekanik) kıyasla elektrik konularının öğrenciler tarafından anlaşılmasının daha zor olduğu farklı araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir [5, 6]. Bilindiği gibi elektrik devreleriyle ilgili akım, potansiyel farkı, enerji, güç gibi kavramlar soyut kavramlar olup öğrenciler tarafından anlaşılmaları oldukça zordur. Basit elektrik devreleri konusunda, çoğu öğretmenin bile öğrencilerle benzer alternatif fikirlere sahip oldukları araştırmalar tarafından ortaya konulan başka bir gerçektir [5, 22].

2.2.3 Elektrikle İlgili Kavramlar ve Özellikleri

Konu ile ilgili herhangi bir öğretim almadan önce basit elektrik devrelerindeki lambaların parlaklığı ile ilgili olarak sorulan sorularda, öğrenciler yaptıkları açıklamalarında genellikle akım, enerji ve potansiyel fark (voltaj) kavramlarını kullanmaktadırlar. Öğrencilerin konu ile ilgili olarak herhangi bir öğretimden geçmemesine rağmen bu temel kavramları bilinçli ya da bilinçsiz bir şekilde açıklamalarında kullanmalarının sebebi, çevresiyle olan etkileşimlerinde, elektrikle veya elektriksel aletlerle ilgili günlük konuşmalarda bu kavramların sıkça kullanılmasıdır [24]. Yani öğrenciler bu bilimsel kavramlarla öncelikle günlük hayatta karşılaşmakta ve bu kavramları kullanmaktadırlar.

Elektrik konusuyla ilgili temel kavramlar; potansiyel farkı, akım, direnç, elektriksel enerji ve güçtür. Bu kavramlarla ilgili olarak ilk dikkati çeken durum hepsinin skaler bir büyüklük olmasıdır. Yani bu fiziksel büyüklüklerin belli bir doğrultusu, başlangıç noktası ve yönü bulunmamakta sadece bir sayı ile ifade edilmektedirler.

Statik ve kinetik elektrik olaylarının temelinde pozitif ve negatif elektrik yük kavramları yer almaktadır. Elektrikle ilgili temel kavram, yasa ve kuramların hepsi bilim adamları tarafından elektrik yükleri temel alınarak türetilmiştir. Soyut bir kavram olan yük kavramı ve bu kavramdan türetilen diğer kavramlar da (potansiyel farkı, akım, enerji,...) dolayısıyla soyut kavramlar olmaktadır. Elektriksel yük kavramının soyut bir kavram olması ve yüklerin doğrudan gözlenememesinden (etkileri gözlenebiliyor olsa bile) dolayı öğrenciler tarafından anlaşılması oldukça zordur [59]. Bu yüzden ki, elektrikle ilgili temel kavramların anlaşılması ve öğretilmesi güçtür.

Ortaöğretim lise 1 müfredatında elektrikle ilgili kavramlar akım, potansiyel farkı ve direnç ile sınırlı olduğundan, bu çalışmada elektriksel enerji ve güç kavramlarına yer verilmemiştir. Çalışmada kullanılan potansiyel farkı, akım, direnç ve ohm yasası kavramlarının özellikleri kısaca aşağıda sunulmaktadır.

Potansiyel farkı: Herhangi iki nokta arasındaki yük farkının büyüklüğü ile orantılı bir kavramdır. Buradaki yük farkı büyüklük veya işaret anlamındadır.

Akım: Pilin sağladığı potansiyel farkı sayesinde devrede düzenli bir yük akışı oluşmaktadır ve bu yükün akış hızının ölçüsü akım olarak isimlendirilmektedir.

Direnç: Akımın geçişine karşı gösterilen zorluk olarak ifade edilmektedir.

Ohm yasası; potansiyel farkı, akım ve direnç kavramlarını birbirine bağlayan bir yasadır. Direnç kavramı potansiyel farkın akıma oranıyla türetilmiştir.

2.2.4 Basit Elektrik Devrelerinde Alternatif Fikirler Üzerine Yapılmış Çalışmalar

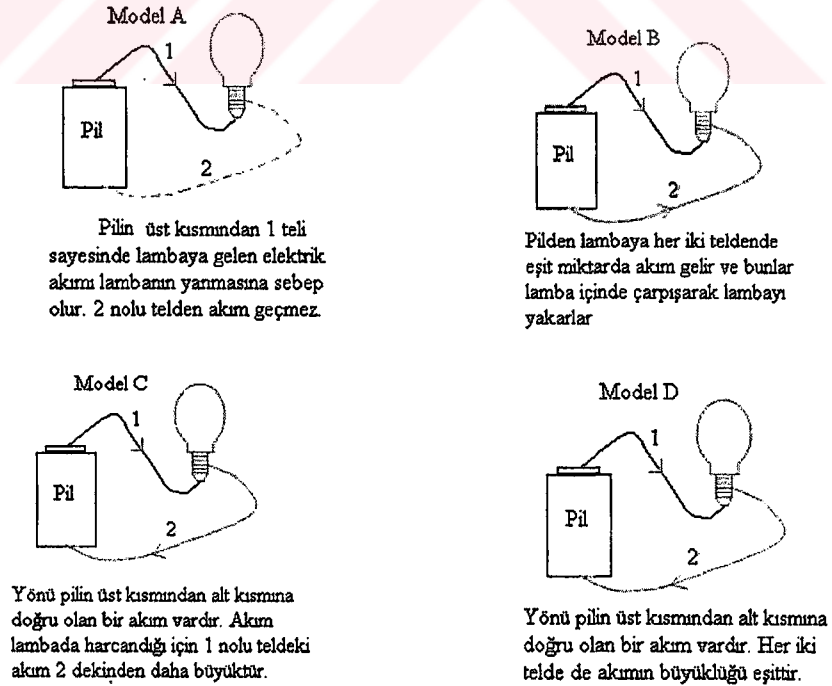
Öğrencilerin basit elektrik devreleriyle ilgili alternatif fikirlerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmalar incelendiğinde, temel olarak iki veri toplama tekniği göze çarpmaktadır. Bunlar genelde bireysel görüşmeler ve/veya açık uçlu kavramsal sorulardan oluşan testlerdir.

Görüşmeler kayıt cihazları veya kameralar kullanılarak kaydedilmekte ve ardından bu kayıtlı veriler çözümlenmektedir. Araştırmacılar tarafından, çözümlenen veriler analiz edilerek öğrencilerin fikirleri ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır. Testlerde ise genellikle her soruda yanıtın yanı sıra neden o yanıtın seçildiğine ilişkin açıklama istenilen açık uçlu soru tipi kullanılmaktadır. Öğrencilerin sorular için yaptıkları açıklamalar analiz edilerek konu ile ilgili olarak sahip oldukları fikirler ortaya çıkarılmaktadır.

Basit elektrik devreleri konusu ile ilgili olarak öğrencilerin alternatif fikirlerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur.

Osborne [25], konu ile ilgili temel düzeyde çok az ya da hiç öğretim almamış 8-12 yaş arası öğrencilerin elektrik akımıyla ilgili zihinsel modellerini belirlemiştir. Araştırmada, bir pil, iki tel ve bir lamba eşliğinde öğrencilere çeşitli sorular yöneltilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre öğrenciler 4 farklı model kullanılmaktadır. Bunlar:

- *Tek kutuplu model* (unipolar model): Bu modelde (Şekil 2.1’de Model A) öğrenciler, akımın devrede, pilin + ucundan çıktığını, lambaya geldiğini ve burada kullanıldığını bunun sonucunda lambanın yandığını ve ikinci telin lambanın yanmasına etki etmediğini, gereksiz yere kullanıldığını görüşünderler.
- *Çarpışan akımlar modeli* (clashing current model): Bu modelde (Şekil 2.1’de Model B) öğrenciler, akımın pilin her iki kutbundan da geldiğini, lamba içinde bu iki taraftan gelen akımın çarpıştığını ve lambanın yandığını görüşünderler.
- *Akımın harcadığı model* (current consumption model): Bu modelde (Şekil 2.1’de Model C) öğrenciler, akımın devrede dolandığı, lamba üzerinden geçtikten sonra azaldığı, yani lamba tarafından akımın kullanıldığı fikrini benimsemektedirler.
- *Akımın lambanın her iki tarafında da eşit olduğu model* (bilimsel olarak doğru kabul edilen model): Bu modelde (Şekil 2.1’de Model D) öğrenciler; akımın devrede dolandığını ve şiddetinin lambanın her iki tarafında da eşit olduğunu, yani akımın korunduğunu görüşünderler.



Şekil 2.1 8-12 yaş arası öğrencilerin elektrik akımıyla ilgili zihinsel modelleri

Shipstone [30], İngiltere’de 12-15 yaş arası öğrencilere uyguladığı 10 soruluk bir anket sonucunda elektrik akımıyla ilgili modellerden, bilimsel olarak

kabul edilen modelin (model D) öğrencilerin yaşı büyüdükçe öğrencilerde daha sıkça gözlemlendiğini ortaya çıkarmıştır.

Shipstone ve ark [29], beş farklı Avrupa ülkesinde 15-17 yaş arası toplam 1250 öğrenciyle yaptıkları çalışmalarında, elektrikle ilgili olarak öğrencilerin anlamalarını ortaya çıkarmak amacıyla önceki çalışmalardan derledikleri 13 soruluk bir test kullanmışlardır. Bu testte yer alan sorular, öğrencilerden verdikleri yanıtları açıklamaları istenilecek şekilde tasarlanmıştır. Analiz sonuçları, öğrencilerin farklı okul sistemleri ve dilleri olmasına rağmen yaklaşık olarak benzer öğrenme zorluklarına sahip olduklarını ortaya koyar niteliktedir.

Araştırma sonuçlarına göre, öğrencilerin konu ile ilgili fikirleri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. Bunlar:

- Akımın devre elemanları tarafından harcanmaktadır;
- Potansiyel farkı ve akım kavramlarının birbirinden farklı kavramlar olarak görülmemektedir;
- Basit bir elektrik devresinde yapılan bir değişikliğe rağmen pilin yine aynı akımı vereceği düşünülmektedir – sabit akım kaynağı (local reasoning);
- Bir devrede lambanın önünde yapılan bir değişikliğin lambanın parlaklığını etkileyeceği fakat lambadan sonra gelen bir yerde yapılan değişikliğin lambanın parlaklığını etkilemeyeceğinin düşünülmektedir (sequential reasoning).

Bu çalışmada, İsveç ve Almanya'da toplam 383 öğrenci elektrik konusuyla ilgili herhangi bir öğretim almamış, diğer ülkelerdeki öğrenciler ise önceden belli bir öğretim almışlardır. Bu farklılığa rağmen öğrencilerin benzer fikirlere sahip olmaları ilginç bir durumdur. Bu durum, formal öğretimle alternatif fikirlerinin değiştirilmesinin oldukça zor olduğunu göstermektedir.

Cohen ve ark [27], 145 lise öğrencisi (17-18 yaş arası) ve 21 fizik öğretmen adayını ile yaptıkları çalışmalarında, basit elektrik devreleriyle ilgili öğrenci görüşlerini ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla 14 sorudan oluşan testin 10 tanesi çoktan seçmeli 4 tanesi ise açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Ayrıca daha ayrıntılı bilgi için 14 öğrenci ile bireysel görüşmeler de yapılmıştır. Anket sorularına

verilen yanıtlar ve görüşmelerden elde edilen verilerin analizinden elde edilen sonuçlar kısaca aşağıdaki gibidir:

- Temel kavram olarak akım kullanılmaktadır.
- $V=I \times R$ bağıntısı sık sık yanlış kullanılmaktadır.
- Piller sabit akım kaynağı olarak görülmektedir.
- Lambaların akımı harcadığı düşünülmektedir.
- Elektromotor kuvvet (emk) ve iç direnç kavramları anlaşılmamıştır.

Elektrik konusunda müfredatın öngördüğü öğretimi almış olmalarına rağmen, öğrencilerin bazılarının “piller sabit akım kaynağıdır” ve “akım devre elemanları tarafından harcanır” gibi alternatif fikirlere sahip oldukları görülmektedir.

Karrqvist [31] çalışmasında, 15 yaşındaki lise öğrencilerinin elektrikle ilgili zihinsel modellerini 6 başlık altında toplamıştır. Bunlar:

- *Tek kutuplu model:* Bu model Osborne'nun [25] A modeli ile aynıdır.
- *İki bileşenli model:* Bu modelde Osborne'nun [25] B modeline benzemektedir. Lambanın yanması, pilin iki kutbundan gelen iki akımın lambada çarpışması ile açıklanmaktadır.
- *Kapalı devre modeli:* Bu modele göre devre elemanlarının hepsi iki bağlantıya sahiptir. Akım kapalı bir devrede verilen bir yönde dolmakta ve dirençler üzerinden geçerken enerji açığa çıkmaktadır. Öğrenciler akımın kapalı bir devrede dolması fikrini kabul etmekle beraber, enerji ve akım kavramlarını birbirleriyle karıştırmaktadırlar. Bazen akım yerine enerjinin devrede dolandığını vurgulamaktadırlar. Fakat bu öğrencilerde bilişsel bir kargaşa yaratmamaktadır. Öğrenciler için kapalı devreyi anlamak somut ve yeterli bir şeydir. Devrenin nasıl çalıştığına dair daha ileri düzeyde bir açıklamayla ilgilenmedikleri görülmektedir.
- *Akımın kullanıldığı model:* Bu modelde Osborne'nun [25] C modeline benzemektedir. Bu modele göre akım devredeki her bir eleman tarafından kullanılmaktadır.

- *Sabit akım kaynağı modeli*: Bu modelde öğrenciler; pillerin sabit akım kaynağı olduğu, özdeş lambaların sayısı ve bağlantı şekilleri ne olursa olsun pilin vereceği akımın hep aynı şiddette olacağı görüşündedirler.
- *Ohm' un modeli*: akımın korunduğu ve enerjiyle karıştırılmadığı model. Bu model Osborne'nun [25] D modeline benzemektedir.

McDermott ve Shafer [32], lise öğrencileri ve öğretmen adaylarının basit elektrik devrelerini anlamalarını inceledikleri çalışmalarında, öğrencilerin konu ile ilgili olarak alternatif kavramlarını ve akıl yürütme biçimlerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada araştırmanın kaç kişiyle ve hangi yaş grubunda öğrenciler ile yapıldığı belirtilmemiştir. Sadece lise öğrenci grubu ile çalışıldığı belirtilmiş ve bu öğrencilerin, konu ile ilgili herhangi bir öğretim almamış ve öğretim almış öğrencilerden oluştuğu ifade edilmiştir. Öğrenci grubu lisede okumakta olan her üç sınıftan öğrencileri içermektedir. Öğretmen adayı grubu hakkında ise herhangi bir bilgi verilmemiştir.

Çalışmada elde edilen bulgular, hem birebir yapılan gösteri deneyi şeklindeki görüşmelerden hem de her bir sorusunda öğrencilerden açıklama yapmasının istenildiği teste öğrencilerin verdikleri cevaplardan elde edilen verilerden oluşmaktadır. Öğrencilerin konu ile ilgili sergiledikleri kavramsal zorluklar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. Bunlar:

- Elektrik akımı kavramı ile ilgili zorluklar:
 - Devrede akımın harcandığı ile ilgili inanış;
 - Pilin sabit akım kaynağı olduğu ile ilgili inanış;
 - Elemanların sırası ve akımın yönü ile ilgili inanış;
- Potansiyel farkı kavramı ile ilgili zorluklar:
 - İdeal bir pilin uçları arasındaki potansiyel farkının sabit kaldığını anlamada yetersizlik;
 - Bir pile paralel bağlanmış kollar ile başka bir yere paralel bağlanmış kollar arasındaki farkı ayırt etmede yetersizlik;
 - Potansiyel ve potansiyel farkı arasındaki farkı ayırt etmede yetersizlik;
- Direnç kavramı ile ilgili zorluklar:
 - Kollar ya da elemanların sırasına odaklanma eğilimi;

- Tek bir elemanın direnci ile devrenin eşdeğer direncini ayırt etmede yetersizlik;
- Seri ve paralel bağlantıları anlama zorlukları şeklindedir.

Borges ve ark [33], elektriğin zihinsel modelleri isimli çalışmalarında elde ettikleri verilerine yarı yapılandırılmış görüşmeler sonucunda ulaşımlardır. 15-18 yaş arası 28 lise öğrencisi (15 yaşındakiler daha önceden konuyla ilgili herhangi bir öğretim almamış), 11 deneyimli lise fizik öğretmeni, 7 elektrik mühendisi ve 10 elektrik teknisyeni ile yapılan bu çalışmanın sonucunda 4 zihinsel model rapor edilmektedir.

- *Akışkan olarak elektrik:* Osborne'nun [25] ortaya çıkardığı A ve C modellerini içeren bu model sadece lise öğrencilerinde (15 yaş) baskın olarak gözlenmektedir. Bu modelin hakim olduğu düşünceye sahip öğrenciler, akımı devrede pil tarafından üretilen ve akan bir şey olarak görmektedirler. Öğrenciler devrede dolanan akışkanı, bazen enerji bazen akım bazen de elektrik olarak isimlendirmektedirler. Piller tarafından üretilen elektriğin devre elemanları tarafından kullanıldığı da düşünülmektedir.

- *Zıt akımlar olarak elektrik:* Osborne'nun B modelini içeren bu modelde, akım ve enerji kavramları bazen birbiriyle karıştırılmakta, bazen de aynıymış gibi düşünülmektedir. Çalışmada her ne kadar örneklemin ne kadarının bu modeli benimsediği vurgulanmamışsa da, öğrenciler elektrik akımının devrede hareket eden yükler tarafından oluşturulduğunu ve bu yüklerin de elektron ve proton olduğunu söylemektedirler.

- *Hareketli yükler olarak elektrik:* 18 yaşındaki lise öğrencilerinin çoğu, bazı teknisyenler ve az sayıda mühendis, bir iletken içerisinde hareket eden elektrik yüklerinin akımı oluşturduğu görüşündedirler. Piller, kimyasal reaksiyon sonucunda enerji üreterek yükleri harekete geçiren elektrik kaynağı olarak düşünülmektedir. Bu modelde vurgu devre elemanlarının davranışı üzerinedir. Enerji dönüşümü sık sık açıklanmakta ve akımın korunduğu kabul edilmektedir. Pilin sağladığı enerjinin dirençler üzerinde harcandığı da ifade edilmektedir. Bu modelde, devre elemanlarının atomları ile parçacıkların etkileşimini açıklamak için, parçacıkların viskozlu bir ortam içinde hareket etmesi ve çarpışma gibi birçok mekanik benzetmelerden bahsedilmektedir.

• *Bir alan olayı olarak elektrik:* Bu modelde akım, sabit bir potansiyel farkı altında elektrik yüklü parçacıkların hareketi olarak ele alınmakta, enerjiden tamamen ayırt edilmekte ve akımın yalnız kapalı bir devrede oluştuğu ve korunduğu ifade edilmektedir. Bataryanın sağladığı sabit potansiyel farkının onun uçları arasında bir elektrik alan oluşturduğu ve bunun iletken içinde elektrik yüklerini hareket ettirdiği düşünülmektedir. Bu modeli bir kaç lise öğrencisi ve fizik öğretmenlerinin yarısının benimsediği bulunmuştur.

Lee ve ark [34], öğrencilerin alternatif fikirlerini ve onların gelişimini ontolojik olarak incelemek ayrıca kavramsal değişimi desteklemek için bir öğretim stratejisi geliştirmek amacıyla yaptıkları çalışmanın birinci bölümünde 17 yaşındaki lise öğrencilerinin (öğrenciler daha önceden konuyla ilgili olarak resmi (formal) bir öğretim almışlar) alternatif fikirlerini ortaya çıkarmışlardır. Literatürde bu konu ile ilgili yapılmış önceki çalışmalardan yararlanılarak oluşturulan açık uçlu 9 soruluk bir test öğrencilere uygulanarak veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca öğrencilerin bu sorulara verdikleri yanıtlarla ilgili olarak öğrencilerle bireysel görüşmeler de yapılmıştır. Verilerin analizi ile elde edilen alternatif fikirler aşağıda kısaca maddeler halinde sıralanmıştır. Bunlar:

- Bataryalar sabit akım kaynağıdır;
- Lambalar akımı harcar ya da kullanır;
- Akım devre elemanları tarafından harcanır;
- Bataryaya uzak olan lambalar daha az parlaklıkta yanarlar;
- Paralel bir devrede akım eşit parçalara ayrılır şeklindedir.

Ülkemizde, basit elektrik devreleri konusunda lise öğrencilerin alternatif fikirlerini belirleme çalışmaları içerisinde yer alan, Dilber ve ark [35] ile Sencar ve ark'nin [36] yaptıkları araştırmalardan çıkan sonuçlar, literatürde bu konuda yapılmış çalışmalardan çıkan sonuçlarla uyushmaktadır. Dilber ve ark'nin [35] 116 lise son sınıf öğrencisiyle yaptıkları çalışmada bir çok öğrencinin alternatif fikirlere sahip olması, konu ile ilgili olarak bir çok kere öğretim yaşantısı geçirmiş olmalarına rağmen öğrencilerin alternatif fikirlerinin etkilenmediği ortaya çıkarılmıştır.

Öğrencilerin basit elektrik devreleriyle ilgili alternatif fikirlerini belirlemek amacıyla yukarıda sıraladığımız çalışmalara bakıldığında, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun önceden konu ile ilgili formal bir öğretimden geçmiş olmasına rağmen alternatif fikirlerinin devam ettiği ve genellikle öğrencilerin sahip olduğu bu fikirlerin çoğunun birbirine benzer olduğudur.

Yapılan çalışmalar sonucunda, basit elektrik devreleri ile ilgili olarak, öğrencilerin sahip olduğu temel alternatif fikirler aşağıda maddeler halinde kısaca sıralanmıştır:

- 1- Akım devre elemanları tarafından harcanmaktadır.
- 2- Çarpışan akımlar modeli: Elektrik akımı pilin her iki kutbundan da gelir ve lamba üzerinde çarpışarak lambanın yanmasını sağlar.
- 3- Tek kutuplu akım modeli: Pil ile lamba arasında tek bir bağlantı lambanın yanmasını sağlar, ikinci bağlantı gereksizdir ve olmasa da lamba yanar.
- 4- Pillerin sabit akım kaynağıdır: Devrede yapılan bir değişiklik sonucunda, örneğin devrenin herhangi bir yerindeki direncin değeri arttırıldığında, pilin devreye verdiği akım değişiklik yapılmadan önceki değerine eşittir.
- 5- Akım, enerji ve potansiyel farkı kavramlarının birbirinin yerine kullanılması.
- 6- Devrede bir değişiklik yapıldığında, akımın şiddetinde meydana gelen değişikliklerin devre elemanlarının devredeki konumlarına bağlı olması: Devrenin herhangi bir elemanında yapılan değişiklik (örneğin bir direncin değerinin arttırılması veya azaltılması), akımın geliş yönüne göre, o elemandan önce geçen akım miktarını değiştirmedeği ama değişikliğin yapıldığı elemandan sonra geçen akım miktarını değiştirdiği düşünülmektedir.
- 7- Akımın paralel bağlı devrelerde her zaman, her kola eşit olarak ayrılması: Paralel bağlı devrelerde kollardaki direncin değeri her ne olursa olsun kollardan eşit miktarda akım geçer.

Yukarıda verilen elektrik kavramlarına ilişkin öğrencilerin görüşlerinin dışında, fizikteki diğer konularla ilgili olarak da öğrencilerin alternatif fikirlerle sahip

olduğu, bu alternatif fikirlerin değişime karşı kuvvetli bir direnç gösterdiği ve öğrencilerin bu fikirlerinden bilimsel fikirlere doğru bir gelişim veya değişim sağlanmasının geleneksel ğretim yöntemleriyle oldukça zor olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur [2]. Bu alışmalar incelendiğinde, öğrencilerin çoğunluğunun önceden resmi bir öğretimden geçmiş olmalarına rağmen alternatif fikirlere sahip olmaları, bu fikirlerin geleneksel ğretim yöntemleriyle değiştirilmesinin zor olduğunu gösteren bir kanıttır. Bundan dolayı, alternatif fikirlerin değişiminin nasıl sağlanması gerektiği ve bunun için neler yapılması gerektiği fen eğitimcilerinin odaklandığı bir sorundur.

2.3 Kavramsal Değişim

Kavramsal değişimin en etkili teorisi Cornell niversitesi'ndeki fen eğitimcileri ve bilim felsefecilerinin oluşturduğu bir grup tarafından geliştirildi. Fen eğitimi ve diğer birçok alanda popüler olan bu teori Posner ve ark [37] tarafından ortaya atılmıştır [4]. Bu teoride Piaget'nin özümleme (asimilation) ve düzenleme (accomodation) terimleri kullanılarak kavramsal değişimin iki türü açıklanmıştır. Birincisinde, ğrenciler yeni karşılaştıkları bir olayı açıklamada kendilerinde var olan kavramları kullanmakta ve herhangi bir sorunla karşılaşmamaktadırlar (asimilation). İkinci türde ise öğrencilerin var olan kavramları, yeni bir olayı açıklama veya kavramada yetersiz olduğunda, bu kavramların ğrenci tarafından yeniden organize edilmesi gerekmektedir. Kavramsal değişimin bu türü düzenleme olarak isimlendirilmektedir. Posner ve ark [37] düzenlemenin olabilmesi için bazı Şartların gerçekleşmesi gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Bunun için:

- Var olan kavramların öğrencide **memnuniyetsizlik** durumu oluşturması;
- Yeni kavramın **kolay anlaşılır** olması;
- Yeni kavramın **akla yatkın** olması;
- Yeni kavramın **yararlı** olması gerekmektedir.

Kavramsal değişimin özümleme ve düzenleme türlerini, Carey “ zayıf yapılanma (weak restructuring) ve güçlü yapılanma (strong restructuring)”, Hewson, Hewson ve ark “kavramsal ele geçirme (conceptual capture) ve kavramsal değiş tokuş (conceptual exchange)”, Vosniado “zayıf yapılanma (weak restructuring) ve

radikal yapılanma (radical restructuring)”, Chi ve ark “dal atlama (branch jumping) ve ağaç değiştirme (tree swapping), olarak isimlendirmişlerdir [38]. Bu farklı isimlendirmeler, araştırmacıların kavramsal değişim konusunu farklı teorik perspektiflerden ele alıyor olmalarından kaynaklanmaktadır [36].

Strike ve Posner [39], yukarıda kısaca açıklanan kavramsal değişim teorisinin duyuşal ve sosyal boyutlarının ihmal ettiğini ve teorisinin akla uygunluk üzerine çok fazla vurgu yaptığını belirtmişlerdir [10, 40]. Duit ve Treagust [10] ise, kavramsal değişimin, öğretmen ve öğrencilerin inanışları, ilgileri ve motivasyonlarını da içeren, “kavramsal değişimi destekleyen şartlar” içerisinde oturtulması gerektiğini vurgulamaktadırlar.

Hewson ve Hewson [41] bu teoriyi bir adım daha ileriye götürerek kavramsal değişimi statülerin değişimi olarak ifade etmişlerdir. Öğrencilerin eski kavramları statülerini kaybederken, yeni kavramların bu statüyü kazandıklarını belirtmektedirler. Bunun yanında, kavramların statüsünün yükselmesi için bazı şartların sağlanması gerektiğini ve bu şartların da, kolay anlaşılır, akla yatkınlık ve yararlılık olduğunu ileri sürmektedirler.

Hewson ve Hewson [41], kavramsal değişimdeki değişim kelimesinin farklı kullanımlarından dolayı bu kelimenin tanıtılmasının yararlı olacağını söyleyerek üç değişik durum ile bunu anlatmışlardır. Birincisinde, “prensesin öptüğü kurbağanın prense dönüşmesi” örneği verilmiştir. Buradaki değişim durumunda kurbağa prense dönüşmüştür ve ilk durumun tamamıyla yok olması anlamındadır. İkinci örnekte, “birisinin banka hesabı” örnek gösterilerek değişim anlatılmaktadır. Kişinin parası vadeli hesapta, faiz kazanıyor ve bakiye artıyor. Paranın birazını harcayınca ise bakiye düşüyor. Buradaki değişim bir şeyin miktarının artması veya azalması anlamındadır. Üçüncü örnekte ise, “aynı şehirde yaşayan ve birisi belediye başkanı olan birbirine rakip iki politikacıdan” bahsedilmektedir. Her iki kişi de seçimlerden sonra yine aynı şehirde yaşamaktadırlar. Seçimlerde önceki belediye başkanı seçimi kaybediyor ve yerine rakibi başkan oluyor. Böylece önceki başkanın statüsü düşerken bu statüyü rakibi kazanıyor. Bu tür değişimde tamamıyla yok olma yoktur, karşılıklı olarak yer değiştirme vardır. Araştırmacılar kavramsal değişimde, birinci örnekteki gibi tamamıyla yok olmayı kabul etmemektedirler. İkinci örnekteki gibi bir değişimi özümleme (assimilation) veya kavramsal ele geçirme (conceptual capture), üçüncüsünü ise düzenleme (accomodation) veya kavramsal değiş tokuş (conceptual

exchange) olarak görmekte-dirler. Sonuç olarak araştırmacılar, kavramsal değişim öğrencilerin kavramlarının tamamıyla silindiği veya kaybolduğu bir durum olarak görülmemektedir.

Chinn ve Brewer [42], bir kişinin sahip olduğu bilgiye A ve karşılaştığı yeni bilgiye de B ismini vererek, kavramsal değişim sürecinde A ve B'ye ne olduğu ile ilgili olarak farklı araştırmacıların görüşlerini kısaca özetlemiştir. Bu görüşler aşağıda sunulmaktadır:

- B, A ile yer değiştirir ve sonuçta A ya unutulur ya da görmezden gelinir (Hewson [42]);
- B'nin çerçevesi içerisinde A yeniden yorumlanır. Vosniadou ve Brewer'e göre [42], öğrencilerin, dünyanın yuvarlak olduğu fikrine ulaşabilmeleri için dünyanın düz olduğu varsayımını terk etmeleri gerekmektedir. Araştırmacılar, oldukça büyük bir kürenin yüzeyinin yaklaşık olarak düz olduğu düşünölebileceğinden, öğrencilerin dünyanın düz olduğu ile ilgili eski fikirlerini bu çerçevede yeniden yorumlayabileceğini düşünmektedirler.
- A'nın çerçevesi içerisinde B yeniden yorumlanır. Bu görüş özümleme ile tamamıyla aynıdır.
- A, B ile birleşir. Smith, diSessa ve Roschelle [42], öğrencilerin eski fikirlerini (fizikle ilgili), daha gelişmiş ve yapılandırılmış bir teori ile birleştirdiğini ifade etmektedirler. Bu görüşte, A'nın değişmediği fakat daha sistematik bir bilgi yapısı içinde geliştiği düşünölmektedir.
- A ve B'nin bölmelere ayrılması. Brown ve Clement [42], öğrencilerin fizikle ilgili bir bilgiyi öğrendiklerinde, bu bilginin kendilerinin önceden edindikleri bilgilerinden farklıymış gibi düşündüklerini ve her iki bilgiyi de birbirinden ayırarak farklı durumlarda kullandıklarını ifade etmektedir.

1970'lerin sonunda ve 80'lerin başlarında, öğrencilerin kavramlarıyla ilgili olarak genel kanı, bilimsel görüşle bu kavramların yer değiştirmesi ve bunların yok edilmesi yönündeydi. Yapılan araştırmalar bunun mümkün olamayacağını, öğrencilerin kavramlarının bilimsel görüşle yer değiştirdiğini veya tamamen yok edildiğini görebilmenin imkansız olduğunu vurgulamaktadır [10]. Bu nedenle, kavramsal değişim sözünden öğrencilerin kavramlarının bilimsel görüşle yer değiştirdiği veya tamamen silindiği anlaşılmamalıdır [10]. Bu çalışmada, kabul

edilen kavramsal değişim grtüşü, Duit ve Treagust [10] ile Hewson ve Hewson'un [41] yukarıda belirtilen görüşleri doğrultusundadır.

2.3.1 Kavramsal Değişim İçin Öğretim Stratejileri

Fen Eğitimi literatüründe, öğretim sırasında alternatif fikirlerin değişimi ve gelişimi için önerilen birçok öğretim stratejisi mevcuttur. Scott ve ark [43], kavramsal değişim için öğretim isimli derlemelerinde, öğretim yaklaşımlarını iki temel gruba ayırmışlardır.

Birinci grupta, bilişsel çatışma ve çatışmanın çözümü temelli öğretim stratejileri, ikinci grupta ise, öğrencilerin var olan fikirleri üzerine inşa edilen ve onları benzetme (analoji) kullanarak yeni bir alana genişleten stratejiler oluşturmaktadır.

2.3.1.1 Bilişsel Çatışma ve Çatışmanın Çözümü Temelli Stratejiler

Piaget' in öğrenme üzerine görüşlerinden esinlenerek sunulan bu gruptaki öğretim stratejileri,

- Bilişsel Çatışma
 - Birbiriyle çelişen olaylar (Discrepant events)
 - Fikirler arasında çatışma (Conflict between ideas)
- Çatışmanın Çözümü
 - Öğretimin bütünleştirici öğrenme modeli (Generative learning model of teaching)
 - Diyalog temelli strateji (Dialog –strategy based)
 - Öğrencilerin kavramları ile yeni kavramlar arasında çözümleme yapılması ve sonrasında yeni kavramların sunulması

şeklindedir.

Bilişsel çatışma stratejileri içinde yer alan “birbiriyle çelişen olaylar” Nussbaum ve Novick [43] ve “fikirler arasında çatışma yaratma” Stavy ve Berkovitz [43] tarafından sunulmuştur.

Birbiriyle çelişen olaylar stratejisi dört temel elemanı içermektedir. Bunlar:

- a) Konuyla ilgili olarak öğrencilerin ön kavramlarının ortaya çıkarılması;

- b) Öğrencilerin kendilerinin ve arkadaşlarının fikirlerinin ne olduğunun farkına varmalarının sağlanması;
- c) Fikirleriyle çelişecek bir olay sunmakla öğrencilerin zihinlerinde kavramsal bir çatışma yaratılması;
- d) Kabul edilen bilimsel görüşe uygun yeni bir kavramsal modelin bulunması ve bilişsel bir düzenlemenin yapılabilmesi için öğrencilere rehberlik edilmesi ve cesaretlendirilmeleridir.

Fikirler arasında çatışma oluşturma stratejisi iki farklı şekilde yapılmaya çalışılmıştır. Bunlar:

- Konu ile ilgili öğrencilerin görüşleri ve bilimsel olarak doğru kabul edilen görüş arasında bir çatışma oluşturulması ve
- Aynı gerçekliğe ilişkin iki farklı bilişsel yapı arasında çatışmanın oluşturulması şeklindedir.

Burada ilk yöntem birbiriyle çelişen olaylar stratejisine yapısal olarak benzemektedir. İkinci yöntemde ise, sınıf ortamında bireysel veya gruplar halinde öğrencilerin aynı olaya ilişkin farklı fikirlerinin çatışmasına olanak sağlanarak bilimsel olarak kabul edilen görüşe ulaşmaları amaçlanmaktadır.

Duit ve Treagust [10], bilişsel çatışma stratejilerinde en önemli durumun, öğrencilerin çatışmayı görmeye ihtiyaçları olduğunu belirtmektedirler. Öğretmenin perspektifinden zıt olarak görülen şeyin, öğrenciler tarafından zıt olarak görülmeyebileceği veya yalnızca marjinal bir farklılık olarak görülebileceği araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir. Scott ve ark [43] ise bu tür stratejilerin başarısının öğrencilerin istekliliğine ve yeteneğine bağlı olduğunu vurgulamaktadırlar.

Çatışmanın çözümü stratejileri içinde yer alan “öğretimin bütünleştirici öğrenme modeli stratejisi” Cosgrove ve Osborne [43], “diyalog temelli strateji” Champagne, Gunstone ve Klopfer [43] ve “öğrencilerin kavramları ile yeni kavramlar arasında çözümlenme yapılması ve sonrasında yeni kavramların sunulması stratejisi” Rowell ve Dawson [43] tarafından sunulmuştur.

Öğretimin bütünleştirici öğrenme modeli stratejisi dört aşamalı bir öğretimi içermektedir. Bu aşamalar:

- a) Başlangıç Aşaması: Öğretmenin konu ile ilgili öğrencilerin, kendisinin ve bilim adamlarının görüşlerinin ne olduğunu anlamaya çalıştığı aşamadır.
- b) Odaklanma Aşaması: Konuyla ilgili günlük hayattan bir durumun öğrencilere sunulması ve öğrencilerin bu durumla ilgili fikirlerini açıklamaya çalıştıkları aşamadır.
- c) Meydan Okuma Aşaması: Öğrencilerin var olan fikirleri çerçevesinde lehte ve aleyhte tartıştıkları ve bilimsel fikirlerin öğretmen tarafından gerekirse sunulduğu aşamadır.
- d) Uygulama Aşaması: Bilimsel perspektifin yararlarını anlayabilmeleri için öğrencilerin kazandıkları bilimsel görüşleri yeni durumlara uygulamaları için fırsatların verildiği aşamadır.

Diyalog temelli strateji aşağıdaki adımları içermektedir:

- a) Öğrenciler konu ile ilgili sunulan bir olaya ilişkin tahmin ve açıklamalarını sunarlar.
- b) Öğrenciler yaptıkları tahminleri destekleyen bir tahlil geliştirirler ve bunu sınıfa sunarlar.
- c) Öğrenciler kendi fikirlerinin geçerliliği konusunda arkadaşlarını ikna etmeye çalışır.
- d) Öğretmen bütün sınıfa konu ile ilgili bir olayı gösteri deneyi şeklinde sunar ve bilimsel kavramları kullanarak teorik bir açıklama yapar.
- e) Bilimsel görüş ile öğrencilerin kendi analizlerini karşılaştırmaları için daha üst düzey tartışmalar öğretmen tarafından yaptırılır.

Öğrencilerin kavramları ile yeni kavramlar arasında çözümleme yapılması ve sonrasında yeni kavramların sunulması stratejisi ise aşağıdaki adımları içermektedir.

- a) Konuyla ilgili olarak öğrencilerin fikirlerinin tespit edilmesi.
- b) Öğrenci fikirlerinin tartışmaksızın kabul edilmesi ve sonraki tartışmalar için bir “hafıza kağıdı (paper memory)” içinde bu fikirlerin tutulması.
- c) Yeni bilgilerin sınıfa, önceden var olan bilgilerle bağlantılar kurulacak şekilde sunulması.

- d) Öğrencilerden, problem çözümünde yeni bilgiyi kullanmalarının istenilmesi (her bir öğrenciye ikinci bir hafıza kağıdı verilerek bu aşamada yaptıklarını not etmeleri istenilmiştir).
- e) Her bir öğrenciden her iki hafıza kağıdındaki fikirlerini mukayese etmelerinin istenilmesi.

2.3.1.2 Öğrencilerin Var Olan Fikirleri Üzerine İnşa Edilen ve Onları Analoji Kullanarak Yeni Bir Alana Genişleten Stratejiler

Bilişsel çatışma ve çatışmanın çözümü perspektiflerinin tersine bu gruptaki stratejiler, öğrencilerin konu ile ilgili var olan fikirleri üzerine inşa edilmektedir. Fikirlerin gelişmesi amacıyla sunulan bu tip stratejilerde, genellikle öğrencilerin fikirleri belirlendikten sonra bu fikirlerden bilimsel fikirlere doğru bir gelişim için öğretimde benzetmeler kullanılmaktadır.

Bu grup stratejiler içerisinde en önemlisi Clement ve ark [43] ile Brown ve Clement [43] tarafından sunulan köprü kurma stratejisidir (bridging strategy). Bu tür strateji dört temel adımı içermektedir:

- a) Konuyla ilgili bir hedef sorunun, öğrencilerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak amacıyla sınıfa sunulması. Örneğin, “Masa üzerinde duran bir kitaba yukarı doğru bir kuvvet etkir mi?” sorusu sınıfa sorulmaktadır. Öğrencilerin çoğu için masa pasif bir nesnedir ve “kitaba yukarı doğru bir kuvvet uygulayamaz” yanıtını vermiştir.
- b) Öğretmen tarafından çoğu öğrencinin kolaylıkla anlayabileceği ve bilimsel gerçeklere uygun analogik bir durumun sunulması (elde tutulan bir kitap örneği). Bu aşama “güçlendirici (anchoring) örnek” olarak adlandırılmaktadır. Böyle bir örnek, kabul edilen bilimsel görüşe kabaca uyan tecrübesiz bir öğrencinin sahip olduğu fikir olarak tanımlanmaktadır.
- c) Öğretmen benzetmeye dayalı bir ilişki kurarak öğrencilerden, güçlendirici örnek ile hedef soru arasında bir karşılaştırma yapmalarını ister.
- d) Eğer öğrenci yapılan benzetmeyi kabul etmezse, o zaman öğretmen bir köprü kurma benzetmesi (bridging analogy) bulmayı dener (örneğin, bir yay üzerinde duran kitap).

Çoğu fen kavramı ve konusu oldukça soyut ve matematiksel bağıntıları içerdiğinden öğretilmeleri ve öğrenilmesi oldukça zordur. Soyut kavramların öğrencilerin zihinlerinde bir anlam ifade edebilmesi için genellikle benzetmeler kullanılmaktadır. Ayrıca kavramsal gelişim ve değişim amacıyla, fen eğitiminde analogilerin kullanımının da önemli bir yeri vardır. Treagust ve ark [11] yaptıkları çalışmalarında benzetme kullanımının öğrencilerin öğretim öncesi kavramlarının statüsünün değişiminde önemli bir rol oynadığını tespit etmişlerdir. Stavy (1991), öğrencilerin yanlış anlamalarının değişiminde veya yok edilmesinde ve yeni bilginin kolaylıkla öğrenilmesinde analogi kullanımını önermektedir.

Öğrencilerin alternatif fikirlerinin değişime karşı büyük bir direnç gösterdiği ve belli bir zaman aldığı pek çok araştırmacı tarafından kabul edilen bir gerçektir. Eski fikirlerin yok edilmesi sadece imkansız değil, istenilen bir durum da değildir [10, 24]. Öğrencilerin günlük kavramlarının çoğunun birçok günlük durumda yararlı ve değerli olduğu kanıtlanmış bir durumdur [10, 24]. Yetişkinlerin büyük bir çoğunluğunun ve kendi uzmanlık alanlarının dışındaki bir konuda bilim adamının bile günlük durumlarda bu tür kavramları başarıyla kullandıkları görülmektedir. Bu yüzden fen öğretiminin amacı, öğrencilerin günlük bilgilerinin değiştirilmesi değil, belli içeriklerde bilimsel kavramların kendi kavramlarından daha yararlı olduğunun farkına varmalarını sağlamaktır. Kavramların içeriğe bağlı olduğunu ileri süren görüş literatürde “situated cognition” olarak geçmektedir. Bu görüşe göre değişim kolaylıkla olmamakta ve belli içeriklerle sınırlıdır [10, 24].

2.3.2 Basit Elektrik Devrelerinin Öğretimi Üzerine Literatürde Yapılmış Çalışmalar

Basit elektrik devreleri ile ilgili olarak öğretimin her kademesinde farklı yaşta ve değişik ülkelerde yapılmış pek çok çalışma vardır. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu öğrencilerin alternatif fikirlerinin belirlenmesi üzerine olmuştur. Alternatif fikirlerin değişime karşı büyük bir direnç göstermesi, bu fikirlerden bilimsel fikirlere doğru gelişimi için öğretim sırasında yapılabilecek etkinlikler fen eğitimcilerini meşgul eden bir sorun olmuştur. Bu alandaki çalışmalar incelendiğinde, araştırmacıların “hangi kavram temelli” konunun sunumuna başlanması gerektiği ve “kavramların veriliş sırası” ile ilgili olarak farklı görüşlere sahip oldukları görülmektedir. Literatürde, genelde potansiyel farkı, akım veya enerji

kavramları ile başlanılan ve bu kavramlar temeline oturtulan çalışmalar göze çarpmaktadır.

Ayrıca, kavramsal değişim için yapılan etkinliklerde ne tür stratejilerin kullanılması gerektiği de araştırmacıları düşündüren bir durum olmuştur. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğunun hem benzetme hem de kavramsal çatışma stratejilerini beraber kullandıkları görülmektedir. Basit elektrik devreleri ile ilgili kavramların oldukça soyut ve karmaşık olmaları, araştırmacıları model ve benzetmeler kullanmaya yöneltten bir durum olmuştur [44]. Çalışmalarda kullanılan benzetmeler, borulardan akan su, pilden enerji taşıyarak çıkan ve bu enerjiyi lambada bırakarak tekrar devreye dönen varlıklar, bisikletin pedal sistemi ve evleri ısıtmada kullanılan kalorifer radyatörleri olmuştur.

Sınıf içerisinde öğretmen ve öğrencinin etkinlikler sırasında nasıl davranması gerektiği ile ilgili olarak, yapılan çalışmaların neredeyse tamamı yapılandırmacı öğrenme modelini temel almaktadır. Öğrenciler çoğunlukla küçük gruplar halinde etkin bir şekilde öğretime katılmakta, öğretmen ise bilgiyi doğrudan veren değil öğrencilerin ona ulaşmalarını sağlayıcı bir rol üstlenmektedir. Bazı çalışmalarda ise, öğrenciler etkinliklerde bir bilim adamı gibi çalıştırılmakta ve bilgiye onların kendisinin ulaşmaları sağlanmaya çalışılmaktadır.

Basit elektrik devrelerinin öğretimi ile ilgili yapılmış çalışmalar öğretime hangi kavram temel alınarak başlanıldığı düşünülerek aşağıda sınıflandırılmıştır. Bunlar sırasıyla potansiyel farkı, enerji ve akım kavramlarıdır. Aşağıda bunlarla ilgili literatür kısaca özetlenmiştir.

Potansiyel farkı kavramı ile başlanılan ve bu kavram temelinde öğretime devam eden, Psillos, Koumaras ve Tiberghien [46], Psillos, Koumaras ve Valassiades [45], Psillos [47] ile Lee ve Law' ın [34] yaptıkları araştırmalar aşağıda sunulmaktadır.

Pisillos, Koumaras ve Tiberhien' in [46]; yapılandırmacı öğrenme modeline uygun olarak geliştirdikleri öğretim, potansiyel farkı kavramı temel alınarak gerçekleştirilmiştir. 13-14 yaş arası 90 ve 14-15 yaş arası 57 öğrenciyle yapılan bu çalışmada, potansiyel farkı kavramı ile ilgili olarak öğrencilerin öğretim öncesi fikirlerinin dikkate alındığı potansiyel farkı kavramı temelli bir öğretim modeli sunulmuştur. Araştırmacılar akım, potansiyel farkı ve enerji gibi kavramların birbirinden farklılıklarını öğrencilerin kafalarında oluşturabilmek için, ana bir

kavram temelinde diğerk kavramların yapılandırılması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Bu çalışmada ana kavram olarak potansiyel farkı kavramının seçilmiş olmasının sebebi olarak, bir pilin devreye bağlı olup olmamasına bakılmaksızın potansiyel farkı kavramı hakkında konuşulabileceğini, potansiyel farkı kavramının elektrostatik ve kinetik olaylarla ilgili olarak bağlantı sağlayacak bir kavram olması ve bu kavramın makroskobik düzeyde belli özellikler için somut kanıtlar sağlaması gösterilmektedir.

Ayrıca etkinlikler sırasında öğrencilerden, sunulan devrelerdeki lambaların parlaklıkları ile voltmeter ve ampermetrelerin göstereceği değerler ile ilgili olarak tahmin, karşılaştırma ve yorum yapmaları istenilmektedir. Etkinlikler, potansiyel farkı, akım, direnç ve enerji kavramlarına öğrencilerin ihtiyaç duyacakları şekilde sırayla verilmektedir.

Yapılan öğretimin sunumuyla ilgili kısa bir özet aşağıda sunulmaktadır.

- Pil ve lambaların seri, paralel bağlanmaları ile ilgili devrelerin sunulması. Bununla ilgili olarak yapılan birçok etkinlikten sonra öğrenciler, “iki pil seri ya da paralel bağlandığında ne değişiyor” sorusunu sormaya başlamaktadırlar.
- Potansiyel farkı kavramının sunumu: Öğrencilerin bir önceki aşamada cevabını aradıkları soruyu da yanıtlayacak şekilde bir öğretim yapılıyor. Bu aşamada öğretim iki temel deney üzerine dayanmaktadır. Birinci deney, aynı potansiyel farkında fakat farklı boyutlarda iki bataryayı içermektedir. Bu piller özdeş lambalara değişik şekillerde bağlanmakta ve öğrencilerden lambaların parlaklıklarını tahmin etmeleri ve yorumlamaları istenmektedir. İkincisinde ise, bir voltmeter seri olarak bir lamba ve pilden oluşan devreye bağlanmış ve öğrencilerden, lambanın yanmadığı halde neden voltmeterin bir değer gösterdiği üzerine tahmin yapmaları ve olayı yorumlamaları istenmiştir. Öğretim bu iki deneyle başlamış ve pillerin işleyişiyle ilgili olarak yapılan sunumlarla son bulmuştur. Deneyler yardımıyla potansiyel farkı-akım ve enerji kavramları arasındaki farklılıklarda ortaya konulmuştur.
- Son olarak, ohm yasası ile ilgili öğretim yapılmıştır.

Öğrencilerin gelişimleri konusunda herhangi bir bilginin verilmediği bu çalışmada, öğretim sırasında ve sonrasında öğrencilerin görüşlerine göre öğretim planının yeniden düzenlenmesi, araştırmacılar tarafından öğrencilerde anlamlı

öğrenmeyi desteklemesi için öğretim materyallerinin gelişiminde gerekli bir adım olarak görülmektedir.

Psillos, Koumaras ve Valassiades [45], yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun olarak geliştirdikleri öğretim, potansiyel farkı kavramı temel alınarak gerçekleştirilmiştir. 14-15 yaş arası 50 öğrenciyle yapılan bu çalışma, doğru akım devreleriyle ilgili olarak, öğretim öncesi, sırası ve sonrasında öğrencilerin elektrik akımı ile ilgili görüşlerinin ne olduğunun belirlenmesi üzerine olmuştur.

Etkinlikler genellikle öğretmenin yaptığı gösteri deneyleri ve öğrencilerin gruplar halinde yaptıkları deneyler şeklindedir. Etkinlikler, lambaların parlaklıkları ile ilgili olarak tahmin, karşılaştırma ve yorumlama ile başlamakta ardından voltmetre ve ampermetre ölçümleriyle devam etmektedir. Sonuçta elde edilen veriler öğretmen rehberliğinde tartışılmaktadır.

4 ana kısımdan oluşan öğretimin kısa bir özeti aşağıda sunulmuştur.

- Tanıtım aşaması: Lamba ve pillerin seri ve paralel bağlantıları ve kapalı devre üzerine odaklanılan etkinlikleri içermektedir.
- Kavram sunumu: potansiyel farkı, akım, direnç ve enerji kavramları üzerine odaklanılmaktadır.
- Mikroskobik model: pillerin nasıl çalıştığı ve statik yükler üzerine odaklanılmaktadır.
- Yapılandırma: Değişkenler arası ilişkiler üzerine odaklanılmaktadır

$$(I = \frac{V}{R}, R = \rho \frac{l}{A})$$

Öğrencilere öğretimin birinci kısmında sunulan devreleri yorumlayabilmeleri için potansiyel farkı ya da direnç kavramlarından birisiyle kavramların sunulduğu ikinci kısma başlanması gerektiği ifade edilmektedir. Araştırmacılar tecihlerini potansiyel farkı kavramıyla başlamakta yana kullandıklarını ve bunun sebebi olarak, akım kavramı sunulmadan direnç kavramının öğretilmesinin zor olduğunu göstermektedirler.

Öğretim sonrası elde edilen verilere göre, akımın devre elemanları (lamba ve ampermetre) tarafından harcanması ve akım ile enerji kavramlarının birbirinden ayırılmasında öğrencilerin bir kısmının hala problemleri olduğu vurgulanmaktadır.

Psillos'un [47], yapılandırmacı öğrenme kuramına uygun olarak geliştirdiği öğretim, potansiyel farkı ve enerji kavramları temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, bu kavramlar ile öğretime başlanılmasını iki temel nedene bağlamıştır. Bunlardan ilki, öncelikle akım ve enerji kavramları arasındaki farkın ortaya konulmasının, bilimsel olarak kabul edilen bir akım kavramı fikrine öğrencilerin daha kolay ulaşacaklarını düşünmesidir. İkinci neden ise, potansiyel farkı kavramının ilk olarak sunumunun elektrik devrelerinin davranışı üzerine fikir yürütmede ve makroskobik ve mikroskobik düzeyde elektrostatik ve kinetik olaylar arasında bağlantı kurmada öğrencilere faydalı olabileceği düşüncesidir.

Öğretim, lambaların parlaklığı ve ışıma süresinin hesaba katıldığı iki kısımlı bir model şeklinde ayrıştırılmaktadır. Birincisi V, I, R fiziksel niceliklerinin ve onların ilişkilerinin rol oynadığı bir akışkan modeli, ikincisi ise E, t fiziksel niceliklerinin rol oynadığı bir enerji modelidir.

Etkinliklerde genellikle öğretmenin yaptığı gösteri deneyleri şeklinde ve grup çalışmalarıyla öğrencilerin öğretmen rehberliğinde tartışmaları ve problem çözmeleri sağlanılmaktadır (Öğrenciler 15 yaşında ve elektrik konusuyla ilgili ilköğretim düzeyinde önceden bir öğretim almışlardır).

4 ana kısımdan oluşan öğretimin kısa bir özeti aşağıda sunulmaktadır.

- Olaysal kısım: Öğrencilerin elektriksel olay ve deneylere alışık olmalarını, kapalı devreyi anlamalarının sağlanılmaya çalışıldığı aşamadır.
- Kavramsal kısım: Potansiyel farkı ve enerji üzerine öğretimin bu kısmında potansiyel farkı kavramının gelişimi ve akım- potansiyel farkı ve akım-enerji kavramları arasındaki farkların ortaya konulması amaçlanmıştır. Ardından akım ve direnç kavramlarının sunumu gerçekleştirilmiştir. Akım kavramının sunumunda su boruları benzetmesi ve direnç kavramıyla ilgili olarak bilişsel çatışma stratejileri kullanılmıştır. Bilişsel çatışma stratejisinde, bir pile bağlı nikrom tel ve bir lambadan oluşan bir devre ile aynı pilin ve lambanın kullanıldığı fakat nikrom tel yerine bakır telin kullanıldığı iki farklı devre kullanılmıştır. Bu devrelerde öğrencilerin lambalara, nikrom ve bakır tellere dokunmaları ve deney sonuçlarını yorumlamaları istenilmiştir.
- Mikroskobik kısım: Bir elektrik devresinin işleyişi ile ilgili açıklayıcı bilgileri içeren bu bölümde, pillerin içinde meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucunda pilin uçlarındaki elektron eksikliği ve fazlalığının o pilin

potansiyel farkıyla doğru orantılı olduğu ve elektriksel kuvvetlerin serbest elektronlara etkileri sonucunda bunların hareket ettiği ve böylelikle akımın oluştuğu vurgulanmaktadır.

- Nicel kısım: Ohm yasası, $R = \rho (l/A)$ bağıntısı ve direncin sıcaklıkla ilişkisi bu bölümde sunulmaktadır.

Öğretim sonunda, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun kapalı devre üzerine soruları doğru bir şekilde cevapladıkları, yarıya yakın bölümünün akım kavramı için bilimsel modeli kullandığını, akımın korunumunu kabul ettiğini ve akımı enerjiden ayırdığı belirlenmiştir. Öte yandan, öğrencilerin yaklaşık üçte birinin birçok soruda kaynak-kullanıcı modeline uygun olarak soruları cevapladığı ve akım ile enerjiyi birbirinden ayıramadığı görülmektedir. Ayrıca, öğrencilerin yine büyük bir çoğunluğunun potansiyel farkının ve volt'un ne olduğunu, potansiyel farkının nasıl ölçüleceği ve potansiyel farkı – akım kavramları arasındaki fark ile ilgili soruları doğru cevapladıkları belirtilmektedir.

Lee ve Law [34], basit elektrik devreleri konusu ile ilgili öğrencilerin alternatif fikirlerini ve onların gelişimini ontolojik olarak incelemek ve kavramsal değişim için bir öğretim stratejisi geliştirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, öncelikle akım temelli bir öğretim yapılmış fakat bu öğretimin öğrencilerin kavramsal olarak gelişimlerine bir katkıda bulunmadığı belirlenmiştir. Bunun üzerine araştırmacılar, potansiyel farkı temelli bir öğretim tasarlamış ve bu öğretimin başarılı olduğunu belirlemişlerdir. Dört ana bölümden oluşan bu çalışma ile ilgili bilgiler aşağıda sunulmaktadır.

- Çalışmanın 1. aşamasında, basit elektrik devreleriyle ilgili olarak öğrencilerin alternatif fikirlerini belirlemek amacıyla Hong Kong'daki bir liseden seçilen 6 öğrenciye (17 yaşında) yazılı formatta her bir soruda verdikleri cevabı doğrulamalarının istendiği 9 soruluk bir test uygulanmıştır. Ayrıca testten sonra her bir öğrenciyle görüşmeler yapılmıştır. Elde edilen nitel veriler doğrultusunda öğrencilerin düşünce biçimleri araştırmacılar tarafından ontolojik olarak sınıflandırılmıştır. Öğrencilerin sahip olduğu fikirlerin ontolojik sınıflandırılması ve testteki başarıları arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

- 2. aşama, çalışmanın birinci aşamasındaki testten en düşük notu alan üç öğrenci ve daha önce konu ile ilgili herhangi bir öğretim almamış 15 yaşındaki üç öğrenciden oluşan iki grup ile yapılmıştır. Tahmin-Gözlem-Açıklama (TGA) (Predict-Observe-Explain – POE) etkinlikleri kullanılarak öğrencilere, birinci aşamada uygulanan testteki sorulara benzer 6 soruluk bir test uygulanmıştır. Bu etkinliklerde (TGA) öğrencilerin akım kavramı üzerine odaklanmaları sağlanmış, gözlenen olayları açıklamaya yardımcı olacak şekilde öğrencilerden akımla ilgili benzetmeler üretmeleri istenmiştir. Grup tartışmaları ile öğrencilerin üretmiş olduğu benzetmelerin olayları açıklamada ne derece işe yaradığının öğrenci tarafından görülmesi amaçlanmıştır. Öğrencilerin ürettikleri benzetmelerde, akım kavramının ontolojik olarak süreç kategorisinden çok madde kategorisinde yer aldığı görülmüştür. Araştırmacılar, etkinliklerde dikkatlerin hep akım kavramı üzerine olması nedeniyle öğrencilerin sahip oldukları düşünce biçimlerini bilimsel olarak kabul edilen fikirlere doğru geliştiremediklerini ifade etmişlerdir.

- 3. aşamada, bir önceki aşamadaki öğrencilerden bir tanesi hariç aynı öğrencilerle çalışılmıştır. Bu aşamada 11 farklı TGA etkinliği kullanılmış olup, bu etkinlikler öğrencilerin akım yerine potansiyel farkı kavramına odaklanmalarını sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Gözlenen olayları açıklamada öğrencilerden, potansiyel farkı kavramı ile ilgili benzetmeler üretmeleri istenmiştir. Öğrencilerin ürettikleri benzetmelerin çoğunun ontolojik olarak süreç kategorisinde yer aldığı görülmüştür. Çalışma sonunda öğrenciler, problemlerin doğru bir şekilde çözülebilmesi için Ohm Yasasının kullanılması gerekliliğinin farkına varmışlardır.

- 4. aşama 7 soruluk bir ön-test, son-test ve dört derslik bir öğretimi kapsamaktadır.

Birinci derste farklı batarya bağlantıları için potansiyel farkı tahminini içeren TGA etkinlikleriyle, öğrenciler potansiyel farkı kavramı üzerine odaklandırılmışlardır. Öğrencilere su tulumbası analogisi sunulmuştur. Burada su basıncı potansiyel farkına; suyun akışı, akıma; daraltılmış borular, dirence ve tulumba da pile benzetilmektedir.

İkinci derse dirençleri farklı lambaların parlaklığının gözlenmesiyle başlanılmıştır. Öğrencilerden parlaklıktaki değişimi açıklamaları istenmiş ve ampermetrelerin akımı ölçmede kullanıldığı belirtilmiştir. Dersin geri kalanında bir ya da iki lamba ve pilden oluşan değişik devrelerde her bir lambanın parlaklığı ve

uçlarındaki potansiyel farkı tahminini içeren TGA etkinlikleri yapılmıştır. Bu derste, potansiyel farkı, akım ve direnç kavramlarının bir biriyle olan ilişkisinin anlaşılması hedeflenmiştir.

Üçüncü derse değişik potansiyel farkı değerleri için akımı ölçme ve akıma karşı potansiyel farkı grafiğinin çizilmesi ile başlanmıştır. Bunun ardından, öğrencilere Ohm Yasası tanıtılmıştır. Daha sonra paralel ve seri bağlı iki direnç içeren iki farklı devrede akım tahminini içeren TGA etkinlikleri yapılmış ve dirençlerin farklı bağlantıları kullanılarak eşdeğer direnç kavramı açıklanmıştır.

Dördüncü ders pekiştirme amaçlı olarak yapılmıştır. Öğrenciler, seri ve paralel bağlantıların her ikisinin de içinde olduğu karmaşık devre şekillerini içeren TGA etkinliklerini gerçekleştirmiştir. Daha sonra öğrencilerden çalışmanın birinci aşamasında verilen teste benzer hazırlanmış 7 soruluk bir ön ve son testi tamamlamaları istenmiştir. Her iki testten sonra öğrencilerle bireysel görüşmeler yapılmıştır. Test sonuçları ve görüşmelerden elde edilen veriler analiz edildiğinde, öğrencilerde kavramsal olarak bir değişim sağlandığı ortaya konulmuştur.

Araştırmacılar, elektrik devreleriyle ilgili kavramların öğrenciler tarafından kavramsal olarak anlaşılabilmesi için, konunun öğretiminde potansiyel farkı kavramı üzerine odaklanılması gerektiğini önemle vurgulamışlardır.

Akım kavramı ile başlanılan ve bu kavram temelinde öğretime devam eden Shafer ve McDermott [48] ile Cosgrove'un [49] yaptıkları araştırmalar aşağıda sunulmaktadır.

Shafer ve McDermott'un [48], lise öğrencileri ve fizik öğretmen adaylarından oluşan toplam 500 kişiyle yaptıkları çalışmalarında, elektrik devreleriyle ilgili olarak laboratuvar temelli bir öğretim için program geliştirme ve onu geleneksel öğretim kurslarına adapte etmeyi amaçlamışlardır.

Çalışmada, öğretime potansiyel farkı veya enerji kavramıyla başlamanın bazı sıkıntılara sebep olabileceği vurgulanmış, bu yüzden de akım temelli bir öğretim stratejisinin tercih edildiği belirtilmiştir. Bu tercihin sebebi kısaca şöyle açıklanmıştır: "Potansiyel farkıyla başlama, bir basınç ve bu basınç sonucunda oluşan akışkan kavramının her ikisini beraber sunmayı gerektirmektedir. Bu durum, daha öğretimin başında hem potansiyel farkı hem de akım kavramlarının birlikte

sunulmasını zorunlu kılmaktadır. Enerji kavramı ile öğretime başlamak karışıklıklara yol açabilir, çünkü öğrenciler akım ve enerji kavramlarını sık sık ayırt etmekte başarısızlığa uğramaktadırlar. Öğrenciler enerjiyi temel alarak akıl yürütmeye kalktıklarında, akımın korunumuyla enerjinin dağılımı (dissipation) konularını ayırmakta zorluklarla karşılaşacaklardır. Fakat akım kavramı ile başladığında böyle bir zorunluluk ortaya çıkmamaktadır. Başlangıçta akım kavramı ile başlamak bu yüzden önemlidir, potansiyel farkı ve enerji kavramları daha sonra verilmek üzere geciktirilmesi gerekmektedir”.

Öğretim stratejisinde izlenen yol aşağıdaki gibidir:

1. Kavramsal bir modelin başlangıçta geliştirilmesi: Nitel yaklaşım.

- Devrenin tamamlanması kavramının sunumu.
- Akım kavramının sunumu.
- Eşdeğer direnç ve direnç kavramlarının sunumu.
- Modelin uygulanması.

2. Modelin genişletilmesi: Yarı nicel yaklaşım.

- Ampermetrenin sunumu.
- Eşdeğer direnç kavramının gelişimi.
- Potansiyel farkı kavramı ve voltmetrenin sunumu.
- Genişletilmiş modelin uygulanması.

3. Modelin daha da genişletilmesi: Nicel yaklaşım.

- Temel kavramların nicelleştirilmesi.
- Güç ve enerji kavramlarının sunumu.
- Modelin, içinde gerçek bataryaların olduğu duruma değiştirilmesi.

Araştırma sonuçlarında, öğretim sırasında elde edilen verilerden “akımın harcanması” ve “piller sabit akım kaynağıdır” kavram yanılgılarıyla ilgili olarak kısmen problemlerin devam ettiği ve öğrencilerin bu konuda özel bir yardıma ihtiyacı olduğunun vurgulanmasının yanında, öğretim sonucunda öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun, akımın harcanması, pillerin sabit akım kaynağı olduğu ve seri bir devrede lambanın önünde yapılan bir değişikliğin lambanın parlaklığını etkileyeceği, lambadan sonra gelen bir yerde yapılan değişikliğin lambanın parlaklığını etkilemeyeceği (sequential reasoning) ile ilgili kavram yanılgılarında gelişim kaydettikleri vurgulanmaktadır.

Cosgrove [49], 14 yaşında 30 erkek öğrenci ile üç aşamalı öğrenme halkası kuramına uygun olarak geliştirdiği öğretimi “akım” kavramı temelli olarak gerçekleştirmiştir. Öğretim sırasında etkinliklerde öğrencilerin bilim adamı gibi bilgiye ulaşmaları sağlanmıştır. Bu durum, öğrencilerin kendilerinin ürettikleri benzetme ve bu benzetmenin etkinliklerde kendileri tarafından geliştirilmesi sayesinde olmuştur.

Yapılan öğretimin aşamaları aşağıda sunulmaktadır.

- Tanıtım (familirazition) aşaması: Bu kısım, öğrencilerin elektrik devreleriyle ilgili malzemeleri tanıdığı ve kullandığı, ayrıca demiryolu tüneli izleme sistemi ve trafik ışıkları gibi teknolojik problemleri gerçekleştirdikleri bölümdür.
- Mücadele (challenge) aşaması: Bu kısım iki bölümden oluşmaktadır.
 1. Birinci bölümde, elektrik akımı ile ilgili olarak öğrencilere sunulan dört modelden (Osborne 1983) birini tercih etmeleri ve bu tercihlerini açıklamaları istenilmektedir. Ardından 1.5 V'lik bir pile bağlı lambanın her iki tarafına birer ampermetrenin yerleştirildiği kritik bir deney öğrencilere sunulmuş ve deney sonuçlarının tartışılmasından sonra öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun doğru olan D modelini tercih ettiği görülmüştür.
 2. Öğretmen öğrencilerden deney sonuçlarını açıklayabilen bir benzetme üretmelerini istemektedir. Çalışmada, bir öğrencinin sunduğu kömür taşıyan kamyon benzetmesi diğer öğrenciler tarafından da kabul görerek akım için doğru olan D modelinin iyi bir şekilde açıklandığı ifade edilmiştir. Bundan sonraki etkinliklerde öğrencilere sunulan farklı devrelerde, bu analogiyi kullanarak bir açıklama yapmaları ve devrelerin kurulup gözlem sonuçlarına uygun olarak analoginin olayı açıklayabilecek şekilde geliştirilmesi sağlanmıştır. Bu etkinlikler sonucunda öğrencilerin kendiliğinden direnç ve elektrik enerjisi kavramlarına ulaştıkları ve bunlarla ilgili olarak bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yaptıkları gözlenmiştir.
- Uygulama (application) aşaması: Öğrenciler tarafından farklı devre şekillerinin tasarlandığı ve bu devrelerin gerçekleştirildiği bölümdür.

Sonuç olarak araştırmacı, öğrencilerin kendi ürettikleri benzetmelerin konuyu öğrenmelerinde oldukça etkili olduğunu vurgulamaktadır.

Enerji kavramı ile başlanılan ve bu kavram temelinde öğretime devam eden, Shipstone ve Gunstone [50], Licht [51] ve Berg ve Grosheide'nin [52] yaptıkları araştırmalar aşağıda sunulmuştur.

Shipstone ve Gunstone [50], 12-13 yaş arasındaki toplam 49 öğrenciyle deney-kontrol gruplu öntest-sontest tipindeki çalışmalarında deney grubunda enerji kavramı temel alınarak bir öğretim gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, öğrencilerin büyük çoğunluğunun kaynak-kullanıcı şeklinde bir akıl yürütme ile elektriksel devrelerle ilgili soruları cevapladıklarını ve öğrencilerin bu akıl yürütmelerine en iyi uyacak kavramın enerji olmasını sebep göstererek enerji kavramı ile öğretime başlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Önteste her iki grubunda kavram yanılgıları açısından birbirine oldukça yakın olduğu belirtilmektedir.

Deney grubunda yapılan öğretim kısaca aşağıda sunulmaktadır.

- Enerji kavramının sunulduğu kısım: Pilin sağladığı ve lambanın kullandığı şey için kullanılan isim “elektrik enerjisi” olarak verilmekte ve öğrenciler birçok devrede yaptıkları gözlemlerini açıklamada bu terimi kullanmaya özendirilmektedirler.
- Akım kavramının sunulduğu kısım: Öğrencilerin akım ve enerji transferi üzerine fikirleri ortaya çıkarıldıktan sonra, akım ile ilgili görüşlerine bilişsel çatışma tekniğı kullanılarak meydan okunmaktadır. Bunun için her iki tarafına birer ampermetre (ampermetrenin sıfırı ortada) yerleştirilen bir lambayı içeren devre öğrencilere sunulup ardından seri bir devrede farklı noktalardaki akım değerlerinin öğrenciler tarafından ölçülmesi istenmektedir.
- Enerji ile akım kavramlarının farkının sunulduğu kısım: Akımın devredeki rolünün, elektrik enerjisinin devredeki taşıyıcısı olduğu belirtildikten sonra akım ile enerji kavramları arasındaki farklılık merkezi su ısıtma sistemi benzetmesi kullanılıyor.
- Direnç kavramının sunulduğu kısım: Enerji ve akım kavramlarının sunumundan sonra öğretim direnç kavramıyla son bulmaktadır.

Akımın harcanması, akım-enerji farklılığı ve olayları açıklamada kullanılan terminoloji açısından deney grubu öğrencilerinin kontrol grubundakilerine kıyasla çok daha iyi oldukları araştırmacılar tarafından son test sonuçlarına dayanılarak ifade edilmektedir.

Licht'in [51] enerji kavramını temel kavram olarak sunduğu çalışmasında yer alan öğretim beş ana bölümden oluşmaktadır. Öğretimin aşamaları aşağıda sunulmuştur.

- Olaysal kısım: Elektrik devrelerinin davranışının anlaşılabilmesine olanak sağlayacak olayları barındıran farklı devre bağlantılarını içermektedir. Bu kısımda konu ile ilgili herhangi bir kavram sunulmamaktadır.
- Nitel makroskobik kısım: Elektrik devrelerinin davranışını açıklamada kullanılacak kavramların sunulduğu kısımdır. Enerji kavramı akım ve potansiyel farkı kavramlarına kıyasla olaysal düzeyde elektrik devreleriyle ilgili gözlemleri açıklamada daha uygun olduğundan temel kavram olarak seçilmiştir. Ayrıca öğrencilerin devrede harcanan bir şeyler fikrine en çok uyan kavramın enerji olması da bu tercihte önemli olmuştur. Kavramların verilmiş sırası enerji, akım ve voltaj şeklindedir.
- Nitel mikroskobik kısım: Mikroskobik düzeyde elektrik devresinde gerçekleşen olayları açıklamada elektronların akışı ve yoğunluğu kavramlarının kullanıldığı bölümü içermektedir.
- Nicel makroskobik kısım: Nicel olarak, farklı kavramların birbirleriyle ilişkisinin ($P = VI$, $I = V/R$) sunulduğu kısımdır.
- Nicel makroskobik kısım: Elektrik enerjisi, akım ve potansiyel farkı gibi kavramların daha iyi anlaşılması için elektrik alan ve elektriksel potansiyel kavramlarının sunulduğu kısmı içermektedir.

Berg ve Grosheide [52], 13-15 yaş arasındaki 500 öğrenciyle yaptıkları çalışmalarında, öğretim "enerji" kavramı temelli alınarak gerçekleştirmiştir. Öğrencilerin elektrik konusu ile ilgili kavram yanılgılarının üstesinden gelmede yardımcı olacak, somut gözlemlerle soyut olan enerji ve güç kavramları arasında kavramsal köprüler kurma ile benzetmeler kullanma bu araştırmadaki öğretimin iki ana yapısını oluşturmaktadır. Öğretim sırasında, kavramsal köprüler kurmanın ve

analoji kullanımının öğrencilerin kavram yanılgılarını ortadan kaldırmada yardımcı olacağı düşünülmektedir. Kavramsal köprüler kurma etkinliklerinde, bir elektrik devresinde elektrik motorunun çalışması, lambanın ısı ve ışık vermesi veya bir radyonun ses vermesi gibi örnekler kullanılarak bütün bunların bir enerji ve güç gerektirdiği vurgulanmaktadır. Akım, enerji ve potansiyel farkı kavramları arasındaki farkı ortaya koymada kullanılan benzetme ise, pilden mutlu bir şekilde çıkararak lambaya gelen ve lambadan mutsuz bir şekilde tekrar pile dönen varlıkları içermektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca sunulmuştur.

- Öğrencilerin % 60'ı öntestte akım ile enerji kavramları arasında bir fark olmadığını düşünüyorken, son testte bu oran % 10'a düşmüştür.
- Öntestte öğrencilerin % 36'sı akımın devrede harcandığını düşünüyorken bu oran son testte % 16'ya gerilemiştir.
- Öğrencilerin % 30'unun pillerin sabit akım kaynağı olduğu ile ilgili kavram yanılgıları değişmemiştir.

Tiberghien [53] basit elektrik devreleriyle ilgili olarak yaptığı derlemede, öğrenciler için en ciddi kavramsal zorluklara sebep kavramların akımın korunumu ve potansiyel farkı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Araştırmacı potansiyel farkı kavramının öğrenciler tarafından anlaşılması en zor kavram olmasından dolayı, bu kavramın 14-16 yaş dönemine kadar sunumunun ertelenmesini önermektedir.

Tiberghien' in potansiyel farkı kavramının sunum zamanıyla ilgili önerisi, **Arnold ve Millar** [54] tarafından dikkate alınarak 11-12 yaş arası 17 öğrenci ile yapılandırıcı yaklaşım esas alınarak incelenmiştir. Bu çalışmada potansiyel farkı kavramı yerine akım kavramı temelli bir öğretim yapılmıştır. İçerik olarak, akım ile enerji kavramlarının birbirinden farklarının ortaya konulduğu etkinlikle devam edilmiş ve akım ile direncin ilişkisinin çok basit bir şekilde sunulduğu etkinlikle öğretim son bulmuştur. Gerçekleştirilen öğretim sonucunda elde edilen sonuçlara göre araştırmacılar, akım ile enerji kavramları arasındaki farklılığı anlama dışında, devre tamamlanması, pil ve lambaların çift kutupluluğu, akımın dolanması, akımın korunumu ve direnç ile akım kavramları arasındaki ilişkiyi kavramsallaştırmada başarılı olduklarını ifade etmektedirler.

Cosgrove, Osborne ve Carr [55], 11 yaşındaki 15 öğrenciyle yaptıkları çalışmalarında, elektrik akımıyla ilgili olarak yapılandırmacı öğrenme kuramı esas alarak öğretimi gerçekleştirmişlerdir. Üç aşamalı olan bu öğretimle ilgili bilgiler aşağıda kısaca sunulmaktadır.

1. Aşama (Tanıtım Aşaması): İlk olarak öğrencilere basit elektrik devreleriyle ilgili birçok deney sunulmaktadır. Öğrenciler elektrik devreleriyle ilgilenirken, öğretmen devrede olan elektriksel olaylar üzerine öğrencilerin düşünmesini sağlamıştır.

2. Aşama (Mücadele): Öğrencilere elektrik akımıyla ilgili kendi fikirlerinin farkına varmaları için fırsat yaratılarak tartışmaları sağlanmış ve ardından öğretmen devrede lambanın her iki yanına birer ampermetre koyarak öğrencilerin sahip lduğu fikirleri test etmelerini istemiştir.

3. Aşama (Uygulama Aşaması): Öğrencilere çözmeleri için trafik ışıkları, kapı zillerine benzer devreler, koridorları ışıklandırma, araba ısıtıcılarının kontrolü ve motorların çalışmasının setini yapmayı içeren basit problemler sunulmuştur.

Öğretim sonrası yapılan görüşmelerde öğrencilerin % 86'sının elektrik akımıyla ilgili düşünce biçimlerinin bilimsel olarak doğru kabul edilen modele (Model D) doğru değiştiği ortaya çıkarılmıştır. Konu üzerine daha fazla öğretim olmaksızın, yaklaşık iki yıl sonra rasgele seçilen 6 öğrenciyle yapılan görüşmelerde bu öğrencilerin model D ve C arasında bocaladıkları gözlenmiştir. Çalışmada, öğrencilerin alternatif fikirlerinin bilimsel olarak doğru kabul edilen fikirlere doğru değişiminin oldukça zor olduğu ve belli bir zaman alacağı da önemle vurgulanmıştır.

Cosgrove ve ark [56], 8-14 yaş arası öğrencilerle yaptıkları çalışmalarında bir önceki makalelerinde yaptıklarına benzer olarak üç aşamalı bir öğretim (yapılandırmacı öğrenme kuramı temelinde) tasarlamışlardır. Önceki çalışmalarından farklı olarak her üç aşamada da nitel teknolojik problemler kullanılmıştır. Öğretimden yaklaşık iki ay sonra öğrencilerle yapılan görüşmelerden, teknolojik problemleri iyi hatırladıkları, bununla birlikte derste yaptıkları diğer faaliyetleri çok net hatırlayamadıkları ortaya çıkarılmıştır. İki yıl sonra bir öğrenciyle yapılan görüşmeden, öğrencinin derste yapılan faaliyetlerden yine sadece teknolojik problemleri hatırladığı ve iki yıl önce verdiği yanıtları aynen hatırladığı ortaya çıkarılmıştır. Çalışma sonuçlarında, teknolojik problemlerin derste

kullanılmasının, fiziksel olayların daha iyi anlaşılmasını sağladığı ve bilginin kalıcılığını arttırdığı vurgulanmıştır.

Ülkemizde basit elektrik devrelerinin öğretimi üzerine Yiğit ve ark [57] ile Hardal ve ark'nin [58] yaptıkları çalışmada araştırmacılar, “kavramların veriliş sırası” ile “hangi kavram temelli” olarak öğretimi gerçekleştirdikleri hakkında herhangi bir bilgi vermemişlerdir. Yiğit ve ark [57] bilgisayar destekli bir öğretim, Hardal ve ark [58] ise basit araçlarla yaparak öğrenme yöntemine göre öğretimlerini gerçekleştirmişlerdir. Her iki çalışmada da araştırmacılar, gerçekleştirilen öğretimlerin öğrencilerin konuyu öğrenmelerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

2.3.3 Bu Çalışmada Uygulanan Öğretim Modelinin Temel Özellikleri

Bu çalışmada deney grubunda gerçekleştirilen öğretim, müfredatta elektriksel enerji ve güç kavramlarının olmamasından dolayı bu kavramlara yer verilmeden gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Lambalar kullanılarak yapılacak bir öğretimde, potansiyel farkı, akım ve direnç kavramları sunulduktan sonra güç kavramının verilmesi adeta bir zorunluluktur. Çünkü lambaların parlaklığı lambaların gücü ile doğru orantılıdır. Öğretimin sonlarına doğru sunulması gereken ve oldukça önemli olan bu kavramın ulusal programdan kaynaklanan zorunluluktan dolayı verilemeyecek olması araştırmacıyı endişelendiren bir durum olmuştur. Bu durum, bütün etkinliklerde kullanılan lambaların özdeş olmalarına dikkat edilerek aşılmıştır. “Lambanın üzerinden geçen akım veya lambanın potansiyel farkı değeri ile parlaklığın doğru orantılı olduğu ve akım veya potansiyel farkı değeri büyük olan lambanın parlaklığının da büyük olacağı” şeklindeki bir açıklama bu çalışma için doğru kabul edilmiştir. Gerçekte doğru olmayan bu açıklamanın burada doğru kabul edilmesinin sebebi, güç kavramının bu aşamada verilmemiş olmasındandır. Sonuçta, bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran en büyük özellik belirtilen bu durum olmuştur. Kısaca güç kavramını öğretimde vermeden, öğrencilerin lambaların parlaklığıyla ilgili olarak tahminde bulunabilmelerini sağlayacak şekilde bir öğretim yapılması diğer hiçbir çalışmada yer almamaktadır.

Deney ve kontrol grubunun her ikisinde de öntestte 1. soruda öğrencilerin % 30'unun enerji kavramını kullanmaları, bu kavramın potansiyel farkı kavramından (kısmen de olsa akım kavramından) farkını ortaya koymamızı gerektiren bir durum olmuştur. Bu farkı ortaya koyacak etkinlik Psillos'un [49] yaptığı çalışmadan

alınarak burada da kullanılmıştır. Bununla ilgili olarak gerçekleştirilen etkinlikte enerji kavramı pillerin boyutlarıyla ilişkilendirilerek sunulmuştur. Ayrıca enerji kavramı ile ilgili herhangi bir tanım veya formül öğretim boyunca verilmemiştir.

Öğretime potansiyel farkı, akım veya enerji kavramlarından hangisinin temel alınarak başlanması gerektiği de önemli bir durumdur. Çünkü ana bir kavram etrafında diğer kavramların yapılandırılması öğrencilerin öğrenmesini etkilemektedir [48]. Literatürde potansiyel farkı, akım veya enerji kavramları temel alınarak yapılan çalışmalarda çoğunlukla öğrencilerin başarıya ulaştıkları vurgulanmaktadır. Sadece Lee ve Law'ın [34] yaptıkları çalışmalarında hem akım hem de potansiyel farkı temelli öğretim yapılmıştır. Araştırmacılar, öncelikle akım temelli bir öğretim yapmış fakat öğrencilerin alternatif fikirlerinde fazla bir değişiklik olmaması üzerine potansiyel farkı kavramını temel alarak bir öğretim gerçekleştirmiş ve öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun alternatif fikirlerinde değişim olduğunu görmüşlerdir. Elde edilen bu sonuç, bu çalışmada öğretime potansiyel farkı kavramı ile başlanılmasını belirleyen önemli bir durumdur. Ayrıca devreden akımın geçmesi (ve sonucunda lambaların ışık vermesi, ampermetre ve voltmetrelerin ibrelerinin sapsmaları) pilin devreye sağladığı potansiyel farkı sayesinde olmaktadır. Bu yüzden potansiyel farkı kavramı öğrencilerin zihinlerine iyice oturtulduktan sonra akım, direnç, enerji ve güç kavramlarının verilmesi gerektiği düşünüldüğünden, öğretimde “kavramların sunumu” kısmına potansiyel farkı kavramı ile başlanılmasına karar verilmiştir. Öte yandan bu çalışmada, akım kavramı ile öğretime başlanılmasının nedeni ise, akım kavramı ile başlanıldığında, akıma sebep olan şey hakkında da hemen bilgi verilmesinin gerekliliği ve bu durum, potansiyel farkı kavramı hakkında bilgi verilmesini de zorunlu kılmaktadır. Sonuçta daha konunun başında her iki kavramın beraber verilmesi gerekeceğinden, öğrencilerin kafalarında bir kavram kargaşasına sebep olunulabileceği düşünülmektedir. Ayrıca enerji kavramı ile öğretime başlanması da, bir diğer olasılık olmasına rağmen, müfredattan kaynaklanan sınırlılıklardan dolayı bu çalışmada düşünülmemiştir.

Öğretim, öğrencilerin alternatif fikirlerini dikkate alacak şekilde tasarlanmış ve uygulanmıştır. Öğrencilerin “pillerin sabit akım kaynağı olduğu, akımın devre elemanlarınca harcandığı, potansiyel farkı-akım-enerji kavramlarının birbiri yerine kullanıldığı, pil sayısı arttıkça lambanın parlaklığının arttığı (pillerin bağlantı şekli önemsenmiyor), anahtar kapatıldığında bütün lambaların söndüğü” gibi temel

alternatif fikirlerinde kavramsal değişimi sağlayabilmek amacıyla öğretimde kritik etkinliklere yer verilmiştir. Bu kritik etkinliklerin öğretimde hangi bölümlerde bulunduğu ve hangi çalışmalardan alındıkları aşağıda Tablo 2.1' de sunulmaktadır.

Tablo 2.1 Alternatif fikirlerle ilgili olarak gerçekteştirilen kavramsal değişim etkinliklerinin öğretimde yer aldığı bölüm ile etkinlik numaraları

Alternatif fikir türü	Yararlanılan kaynak	Öğretimde yer aldığı bölümün numarası	Etkinlik numarası
Piller sabit akım kaynağıdır	Lee ve Law [34], Shafer ve McDermott [48]	2	6
Akımın devre elemanlarınca harcanması	Genelde bütün çalışmalarda yer almakta	2	5
Potansiyel farkı-akım-enerji kavramlarının birbiri yerine kullanılması	Psillos [47]	3	1 ve 2
Pil sayısı arttıka lambanın parlaklığı artar	Lee ve Law [34]	2	3
Anahtar kapatıldığında bütün lambalar söner	-	1	2

Tablo 2.1'de sıralanan bu alternatif fikirlerin değişimi ile ilgili etkinlikler çoğunlukla literatürde bu konuda yapılmış çalışmalardan alınarak ve kısmen değiştirilerek uygulanmıştır. Görüldüğü gibi bu çalışma, literatürde basit elektrik devreleri konusunda kavramsal değişim için yapılan etkinlikler açasından ele alındığında, kısmen de olsa bunların bir sentezi olarak düşünölebilir.

Bu çalışmada, deney grubunda uygulanan öğretim temel özellikleri aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır.

- Kavramlar belli bir düzen içerisinde aşamalı olarak sunulmuştur. Öğretime başlangıç kavramı olarak potansiyel farkı ile başlanılmış ve ardından akım ve direnç kavramları verilmiştir.
- Literatürde basit elektrik devrelerinde öğrencilerin alternatif fikirlerini belirleme üzerine yapılmış çalışmalar ve bu çalışma için geliştirilen kavramsal anlama testinin pilot çalışması sonucunda ortaya çıkarılan alternatif fikirler dikkate alınarak öğretim planı hazırlanmıştır.

- Kavramlar arası farklar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Potansiyel farkı-enerji ve potansiyel farkı-akım kavramları arasındaki farklar iki farklı etkinlikle verilmiştir

- Etkinliklerin büyük bir çoğunluğunda TGA tekniği kullanılmıştır.

Öğretmenin sınıf içinde, bilgiyi doğrudan veren değil, bilgiye öğrencilerin kendilerinin ulaşmalarını sağlayan ve gerektiği yerlerde bazı kilit niteliğinde açıklamalar yapan bir pozisyonda olmasına dikkat edilmiştir. Örneğin potansiyel farkı kavramı ile ilgili açıklamalar ancak öğrenciler bazı etkinlikleri gerçekleştirdikten sonra sıra ile öğretmen tarafından verilmektedir (bu açıklamalar Psillos, Koumaras ve Tiberghien'in [46] yaptıkları çalışmadan alınarak çok az bir kısmı değiştirilerek verilmiştir. Öğrenciler ise sınıf içinde, gruplar halinde etkinlikleri gerçekleştiren ve etkinlik sonucunda grupça ulaştıkları fikri diğer gruplarla beraber tartışan bir pozisyonadırlar. Kısaca sınıf içinde öğrenci-öğrenci ve öğrenci-öğretmen etkileşimini sağlayacak bir sosyal ortam optimum düzeyde yaratılmaya çalışılmıştır.

3. YÖNTEM

Bu çalışma, kavramsal anlama testinde yer alan açık uçlu sorular ve öğrencilerle yapılan görüşmeler açısından nitel; kavramsal anlama testinde öğrencilerin yaptıkları açıklamaların puanlara dönüştürülmesi ve deney-kontrol gruplu, ön test, son test ve geciktirilmiş son testi içermesi bakımından ise nicel bir çalışmadır [60]. Bu bakımdan yöntem açısından, araştırmanın hem nitel, hem de nicel bir boyutu bulunmaktadır.

Araştırmada deney – kontrol gruplu bir çalışma modelinin seçilmesinin nedeni; deney grubuna uygulanacak olan öğretim stratejisinin, öğrencilerin kavramsal anlamasına olan katkısını ve geleneksel öğretim yöntemlerinden (anlatım, soru-cevap) varsa farklılıklarını ortaya koymaktır.

Bu amaç doğrultusunda, kontrol grubuna öğretmenin her zaman kullandığı kendi öğretim tekniği; deney grubuna ise, araştırmacının geliştirdiği öğretim modeli uygulanmıştır. Deney ve kontrol gruplarında yapılan öğretimler aynı öğretmen tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın önemi ve deney grubunda uygulanan öğretim modeli ve her bir derste yapılacak etkinlikler ile ilgili olarak, öğretmene gerekli ön bilgiler araştırmacı tarafından verilmiştir. Verilen bu bilgiler kısaca aşağıda sunulmaktadır.

- “Önerilen öğretimde, kavramların nasıl ve ne zaman hangi etkinlikten önce veya sonra verileceği açısından çok sıkı bir aşamalılık ilişkisi izlenmektedir. Öğretimde izlenen kavramların veriliş sırası ile şekli bilinçli seçimlerdir. Bu yüzden önerilen bölüm ile etkinlik sıralarının izlenmesi, hangi açıklamaların nerede ve nasıl yapılacağı oldukça önemlidir”.
- “Öğrencilere tartışma imkanının sunulduğu, hem grup hem de sınıf içinde kendi aralarında tartıştığı, kendi fikirlerini anladıkları ve açıkladıkları bir ortamın oluşturulması oldukça önemlidir. Öğrencilere deney yapma, temel elektrik devrelerindeki araçları kullanma, devre kurup olanları gözleme imkanlarının verildiği bir ortamın sunulması bu öğretimin ana yapısını oluşturmaktadır. Bu yüzden sınıf içinde,
 - Öğrencilerin gruplar halinde çalışmaları, kendi aralarında tartışmaları özendirilmelidir;
 - Etkinlikle ilgili dağıtılan kağıtta neler yapılması gerektiği maddeler halinde sıralanmış olup, öğrenciler etkinliği adım adım yapmaları konusunda uyarılmalıdır;

- Öğrencilere devreyi kurma sırasında belli bir zaman bırakılmalı, gerektiğinde yardım edilmelidir;
 - Öğrencilere grup içinde tartışmaları için yeterince zaman verilmelidir;
 - Öğrencilere sınıf içindeki öğretmen denetiminde yapılan tartışmalarda gerekli zaman verilmeli, fikirlerini rahatça açıklayacak ortam yaratılmalı, öğrencilerin fikirlerini açıklaması özendirilmeli ve sınıfta bir tartışma ortamının yaratılması sağlanmalıdır”.
- Derste gerçekleştirilecek etkinlikler, önceden öğretmen ve araştırmacı tarafından olabirliği konusunda tartışıldı, etkinlikte yer alan deneyler yapıldı ve öğretmene her bir etkinlik sırasında yapması gerekenler adım adım yeniden anlatıldı.

Öğretmenin uygulama öncesinde araştırmaya olan istekliliğini daha da arttırmak için, öğretmenle birebir olarak yapılan görüşmelerde “öğrencilerin konu ile ilgili olarak, bilimsel fikirlerden farklı bazı görüşleri olduğu ve bunların da öğrencilerin yeni öğreneceği bilgiyi kazanımlarında önemli bir rol üstlendiği” vurgulanmaya çalışılmış ve bu fikirlerin değişimi veya gelişimi için bu araştırmanın yapıldığı belirtilmiştir. Açıkçası başta öğretmen, öğrencilerin konu ile ilgili olarak fikirleri olabileceğini pek kabullenmek istememiştir. Ön testin sonuçları öğretmene sunulduğunda ise öğretmen, “*öğrencilerin konu ile ilgili bir öğretim almadıkları için bu tür saçma cevaplar verebileceğini ve bunların önemsiz olduğunu ve yapılacak herhangi bir öğretimden sonra öğrencilerin bu tür fikirlerinin olmayacağını*” belirtmiştir. Öğretmenin bu fikirleri araştırmacıyı tedirgin eden bir durum olmuştur. Bu durumu biraz olsun düzeltebilmek için araştırmacı tarafından öğretmene literatürde bu konu ile ilgili yapılmış çalışmalardan örnekler sunulmuştur. Öğrencilerin konu ile ilgili önbilgilerinin geleneksel öğretim yöntemleriyle değiştirilmesinin oldukça zor olduğunu ve bunu giderebilmek için geliştirilmiş öğretim modellerinden bahsedilmiştir.

Deney ve kontrol grubunda öğrencilerin sınıf içinde bir yabancı kişinin bulunmasından dolayı rahatsızlık duyacakları göz önünde bulundurularak, araştırmacı uygulamanın başlamasından yaklaşık 3 ay öncesinden her iki grubun derslerine öğretmenle beraber girmiştir. Böylelikle öğrencilerin araştırmacıya alışmaları ve sınıf içinde sanki yokmuş gibi davranmaları kısmen de olsa sağlanmıştır.

Deney ve kontrol grubunun her ikisinde gerçekleştirilen öğretimler toplam beş hafta sürmüştür. Deney grubunda bu araştırma için geliştirilen öğretim metodu,

kontrol grubunda ise öğretmenin kendisinin her yıl uyguladığı öğretim metodu kullanılmıştır.

Çalışmanın yazımında, uygulamanın yapıldığı okuldaki öğrencilerin isimlerinin verilmesi etik açıdan uygun olmadığından öğrenciler 1 ile 23 aralığındaki numaralarla kodlanmıştır.

3.1 Örneklem

Çalışmanın örneklemini, Balıkesir il merkezinde bulunan bir lisede iki lise 1. sınıfındaki toplam 46 öğrenci oluşturmaktadır. Uygulamanın yapıldığı okul devlet lisesi olup, okulda uygulanan fizik programı diğer devlet okullarıyla tamamiyle aynıdır.

3.1.1 Örneklem Seçimi

Çalışmada örneklem seçimini iki ana faktör belirlemiştir. Bunlardan birincisi, çalışmanın kavramsal çerçevesinin basit elektrik devreleriyle ilgili olması ve orta öğretim düzeyinde bu konu ile ilgili olarak öğrencilerin ilk defa lise 1. sınıfta karşılaşacak olmalarıdır. Basit elektrik devrelerinin öğretimi, lise düzeyinde hem lise 1, hem de lise 2. sınıfta yapılmaktadır. Lise 2. sınıf öğrencilerinin lise 1. sınıfta iken aldıkları öğretim sonrasında konu ile ilgili bilimsel olarak doğru kabul edilecek veya edilmeyecek türde edindikleri fikirlerinin olması muhtemeldir. Bu yüzden, öğrencilerin bir önceki yıl konu ile ilgili edindikleri bilgilerinin olması istenilmediğinden lise düzeyinde konu ile ilgili herhangi bir öğretim almamış lise 1. sınıf öğrenci grubuyla bu araştırmada çalışılmaya karar verilmiştir.

İkinci faktör ise, uygulamanın sağlıklı bir ortamda gelişmesini sağlayan ve lise seçimini ilgilendiren pratik nedenlerdir. Uygulamanın yapıldığı lisenin seçimindeki pratik nedenleri,

- *Okuldaki fizik laboratuvarının fiziki yapısının uygunluğu ve olanakları:* Laboratuvarın yeteri kadar büyük olması ve öğrencilerin tümünü rahatlıkla alabilecek durumda bulunması, ayrıca malzeme açısından diğer liselere göre daha fazla olanaklara sahip olması;
- *Öğrenci sayısının uygulamaya engel teşkil edecek şekilde fazla olmaması:* Uygulamanın yapıldığı lisede, lise 1. sınıflarda sınıf başına öğrenci sayısının

23-26 arasında olması nedeniyle gruplar halinde laboratuvarında çalışacak olan öğrencilere daha rahat bir ortam sunulacak olması;

- *Okul yönetimi ve öğretmenin bu türden bir çalışmaya sıcak bakmaları:* Okul yönetimi ve öğretmenle yapılan görüşmelerde bu tür bir çalışmaya ellerinden gelen bütün desteği vereceklerini ifade etmiş olmaları,

şeklinde özetlenebilir.

3.1.2 Grupların Oluşturulması

Çalışmada uygulama okulundaki fizik öğretmenin dersine girdiği 3 tane lise 1. sınıf şubesinden seçilen iki sınıftan biri deney diğeri ise kontrol grubunu oluşturmuştur. Bu üç sınıftan ikisinin seçimi için bu sınıflara ilgili literatürden seçilen 6 soru ile araştırmacı tarafından geliştirilen 2 sorudan oluşan toplam 8 soruluk kavramsal anlama testi ön test olarak uygulanmıştır.

Öğrencilerin ön testteki açık uçlu sorulara verdikleri yanıtlar kodlandıktan sonra her bir sorudan aldıkları puanlar hesaplanmıştır. Soruların analizinde kullanılan kodlama biçimi ve puana dönüştürülmesi veri analizi bölümünde ayrıca sunulmaktadır. Her bir öğrencinin ön testten aldığı puan hesaplandıktan sonra, SPSS istatistik programı yardımıyla denek sayıları az olduğundan parametrik olmayan istatistiklerden Kruskal-Wallis testi kullanılarak gruplar arasında farkın olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu test iki ya da daha çok örneklem ortalamasının birbirinden anlamlı farklılık gösterip göstermediğini test etmede kullanılmaktadır [73]. Ön testten elde edilen verilerin analizleri Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1 Üç sınıfın ön testten aldıkları puanların karşılaştırılması.

Grup	n	Sıra Ort.	sd	χ^2	p
Sınıf-1	23	40.24	2	1.97	.37
Sınıf-2	23	37.74			
Sınıf-3	26	32.10			

Tablo 3.1'deki sonuçlar incelendiğinde, sınıfların ön testten aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir [$\chi^2 = 1.97, p > .05$]. İstatistiksel olarak birbirinden farkı olmayan bu üç sınıftan ikisinin seçiminde iki ölçüt dikkate

alınmıştır. Bunlardan ilki öğrencilerin ön test puanları, diğeri ise gruplarda yer alan öğrenci sayılarıdır. Bu iki ölçüt dikkate alındığından Tablo 3.1’de de görüldüğü gibi sınıf-1 ve sınıf-2’nin ön test puanlarının sıra ortalaması birbirine daha yakın ve sınıflarda yer alan öğrenci sayıları da birbirine eşittir. Sınıf-3’ün hem test puanları açısından hem de sınıftaki öğrenci sayıları açısından istatistiksel anlamda olmasa da diğer gruplardan ayrıldığı görülmektedir. Bu nedenle çalışmada kullanılan grupların sınıf-1 ve sınıf-2 olmasına karar verilmiştir. Üç sınıf içinden 1 ve 2 no’lu sınıf araştırmada kullanılmak üzere seçildikten sonra, sınıf 1 deney, sınıf 2 kontrol grubu olmak üzere araştırmacı tarafından rastgele seçilmiştir.

3.1.3 Örneklemin Özellikleri

Toplam 46 lise 1. sınıf öğrencisi araştırmanın örneklemini oluşturmuştur. Bu sayının 23’ü deney, 23’ü ise kontrol grubu olarak yer almıştır. Örneklem ile ilgili yaş ve cinsiyet özellikleri Tablo 3.2’ de verilmektedir.

Tablo 3.2 Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin yaş ve cinsiyet özellikleri

		Deney	Kontrol
Cinsiyet	Kız	12 (% 52.2)	11 (% 47.8)
	Erkek	11 (% 47.8)	12 (% 52.2)
Yaş	14	5 (% 21.7)	2 (% 8.7)
	15	16 (% 69.6)	4 (% 17.4)
	16	2 (% 8.7)	17 (% 73.9)
Toplam		23 (% 100)	23 (% 100)

Tablo 3.2’de görüldüğü gibi, deney grubunda 15 yaşındaki kontrol grubunda ise 16 yaşındaki öğrenci sayısı daha fazladır. Her iki grupta da kız – erkek öğrenci sayısı yaklaşık olarak aynıdır.

Araştırma süresince öğrencilerin tamamı derse devam etmiş olup örnekleme sayıca herhangi bir azalma olmamıştır.

3.2 Verilerin Toplanması

Üç ana kısımdan oluşan bu araştırmada her bir kısımdan verilerin nasıl elde edildiği aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır.

- Öğretim öncesi öğrencilerin basit elektrik devreleriyle ilgili fikirlerini belirleme: Bu kısımda, literatürden yararlanılarak geliştirilen kavramsal

anlama testinin ön test olarak deney ve kontrol grubu öğrencilerine uygulanmış ve deney grubundan dokuz öğrenci ile yarı yapılandırılmış bireysel görüşmeler yapılarak veriler elde edilmiştir.

- Öğrencilerin öğretim öncesi fikirlerini dikkate alarak, öğrencilerde kavramsal gelişim veya değişimi sağlamak için geliştirilen bir öğretim taslağının deney grubunda uygulanması ve izlenmesi: Öğretim sırasında yapılan her bir etkinliğin değerlendirilebilmesi için, öğrencilere her bir etkinlik öncesinde verilen ve etkinlik sırasında ne yapmaları gerektiğini belirten çalışma yaprakları dağıtılmıştır. Ayrıca öğretimin nasıl gerçekleştiğine ilişkin referans olması amacıyla öğretim kaydedilmiştir.
- Deney ve kontrol gruplarında yapılan öğretimlerin kavramsal anlamaya (veya değişime) ve bilginin kalıcılığına olan etkilerini belirleme: Öğretim öncesi uygulanan kavramsal anlama testine eklenen üç yeni soru ile oluşturulan kavramsal anlama testinin son test ve geciktirilmiş son test olarak deney ve kontrol gruplarına uygulanmıştır. Ayrıca, deney grubundan 9 öğrenci ile bireysel görüşmeler (öğretim öncesi ve sonrasında yapılan görüşmelerde kullanılan sorular tamamıyla aynıdır) yapılmıştır.

Araştırmadaki en temel veri toplama kaynağını kavramsal anlama testi oluşturmaktadır. İkinci veri toplama kaynağı ise, kavramsal anlama testinde yer alan soruları destekleyici ve öğrencilerin konu ile ilgili fikirlerini derinlemesine incelemeye olanak sağlayan yarı yapılandırılmış görüşmelerdir.

Öğrencilerin konu ile ilgili fikirlerini belirlemek amacıyla geliştirilmiş bir çok teknik vardır. Driver ve Erickson [3], öğrencilerin fikirlerini ortaya çıkarmada kullanılan yaklaşımları **kavramsal** (conceptual) ve **olaysal** (phenomenologically) çerçeve olmak üzere iki ana boyutta ele almışlardır. Araştırmacılar bu iki tip yaklaşımın, sunulan kavramların ya da modellerin bağlı olduğu belli bir kavramsal içerik ve verilen bir fiziksel durumla ilgili koşulların bağlı olduğu içerikten kaynaklanan zorlamalardan dolayı birbirinden ayrıldığını ifade etmektedirler.

Kavramsal boyuttaki yaklaşımlarda ise, öğrencilerden sunulan kavram ile ilgili açıklamalarda bulunmaları ya da herhangi bir kağıt kalem sorusunda, verilen kavramı bir cümle içinde kullanmaları ya da tanımlamaları istenilmektedir. Ayrıca bu yaklaşımda kavram ilişkilendirme (word associations), serbest yazma (free

associations), kavram haritaları ve görüşmeler veri toplama teknikleri olarak kullanılmaktadır [3, 61].

Olaysal boyuttaki yaklaşımlarda öğrencilere fiziksel bir sistem ya da olay sunularak öğrencilerin bir tahminde bulunmaları ve bu tahminlerini doğrulamaları istenilmektedir [3]. Bu tür bir yolla veri elde edilmesi ya açık uçlu testlerle ya da görüşmeler sayesinde sağlanmaktadır. Açık uçlu soru formatı genellikle, konu ile ilgili olarak öğrencilere olay sunumundan sonra kısa cevaplı veya çoktan seçmeli olarak öğrencilerin tahminde bulunacakları kısım ve ardından bu tahminlerini açıklayıcı fikirlerini sundukları açık uçlu kısmı içermektedir [61]. Görüşmelerde ise, konu ile ilgili olarak öğrencilere olayın veya örneğin sunulmasından sonra, bu durum ile ilgili görüşlerinin ne olduğunu açıklamaları istenmektedir.

Basit elektrik devreleri ile ilgili kavramların soyut ve anlaşılmasının zor olmasından dolayı [59] kavramsal anlama testinde ve görüşmelerde kullanılacak soruların büyük bir çoğunluğunun kavramsal değil, olaysal boyutta olmasına dikkat edilmiştir. Öğrencilerden basit elektrik devreleri konusunda geçen kavramlarla ilgili olarak doğrudan bir açıklama istenilmesi, verilen kavramı bir cümle içinde kullanmaları veya tanımlamalarının çok zor olacağı araştırmacı tarafından düşünüldüğünden kavramsal boyuttaki sorulara bu çalışmada sadece görüşmeler sırasında az da olsa yer verilmiştir.

Araştırmada veri toplamak için kullanılan açık uçlu sorulardan oluşan kavramsal anlama testi soruları ve öğrencilerle yapılan birebir görüşmelerdeki soruların olaysal mı yoksa kavramsal mı oldukları kavramsal anlama testi ve görüşme sorularının tanıtıldığı kısımda detayları ile açıklanmıştır.

3.2.1 Kavramsal Anlama Testi

Lise 1 fizik programı ve ders kitabı incelendiğinde “Madde ve Elektrik” ünitesinin statik elektrikle ilgili olmayan kısımlarının, akım, potansiyel farkı, direnç kavramları ve ohm yasası ile dirençlerin bağlantı şekillerinin öğretimi üzerine olduğu görülmektedir. Geliştirilen testte bu kavramlarla ilgili olarak sorulara yer verilerek, öğrencilerin fikirlerinin ne olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Soruların belirlenmesinde kullanılan diğer bir kriter ise, literatürde basit elektrik devreleri ile ilgili yapılmış çalışmalarda ortaya çıkarılmış alternatif fikirler olmuştur.

3.2.1.1 Kavramsal Anlama Testinin Özellikleri

Öğretim öncesinde ön test olarak kullanılan kavramsal anlama testi sekiz sorudan oluşmaktadır. Öğretim sonrasında, ön testteki sekiz soruya ek olarak araştırmacının kendisinin geliştirdiği bir soru (9. soru) ile öğretmenin deney ve kontrol grubuna sınavda sormayı düşündüğü 2 adet soru (10 ve 11. sorular ki bu sorular niceldir) son testi oluşturmuştur. Son test, öğretimden beş buçuk ay sonra geciktirilmiş son test olarak tekrar kullanılmıştır.

3.2.1.2 Soruların Hazırlanması

Fizik Eğitimi literatüründe, elektrik devreleri konusuyla ilgili olarak yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bir çoğu öğrencilerin konu ile ilgili öğretim öncesinde sahip oldukları alternatif fikirleri belirleme ve bu fikirlerin değişimini sağlamak için geliştirilmiş olan öğretim teknikleri üzerinedir. Bu çalışmanın da en temel amacı, öğrencilerin alternatif fikirlerini geliştirmeye ve değiştirmeye yönelik olarak bir öğretim tekniği tasarlamak ve uygulamak olmuştur. Buna yönelik olarak, bu çalışmada kullanılan örneklemdaki öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrası konu ile ilgili olarak fikirlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için, literatürde öğrencilerin basit elektrik devreleriyle ilgili fikirlerini belirlemek amacıyla yapılmış çalışmalardan [6, 29, 32, 34] seçilen 6 adet soru ve araştırmacı tarafından geliştirilen 2 adet sorudan (1 ve 2. soru) oluşan toplam 8 soruluk bir kavramsal anlama testi hazırlanmıştır.

Ön test, çalışmada kullanılacak olan gruplar arasında fark olup olmadığını ve öğrencilerin öğretim öncesinde konu ile ilgili olarak sahip oldukları düşünce yapılarını ortaya çıkarabilmek amacıyla öğretim öncesinde kullanılmıştır. Ön testteki sorulardan 1. si tamamiyle açık uçlu tiptedir. Diğer sorular ise, çoktan seçmeli kısımla birleştirilmiş açık uçlu kısmı içerecek şekilde iki kısımdan oluşmaktadır. Bu soruların yanıtlanması sırasında eğer öğrenciler çoktan seçmeli kısımdaki seçeneklerden herhangi birini doğru olarak kabul etmiyorlar ise, seçeneklerin en sonunda bırakılan boşluğa kendilerine göre doğru olan bir cevabı vermeleri verdikleri cevabın nedenini. seçeneklerin altında bırakılan boşluklara yazmaları istenmiştir. Öğrencilerden her bir soruda açıklama yapmalarının istenilmesinin temel nedeni, bu araştırmanın nitel bir çalışma boyutunun olmasındandır. Bilindiği gibi her hangi bir konu hakkında örneklemin sahip olduğu fikirlerinin belirlenmesi nitel

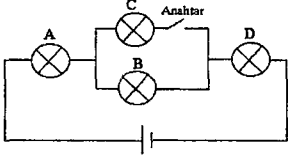
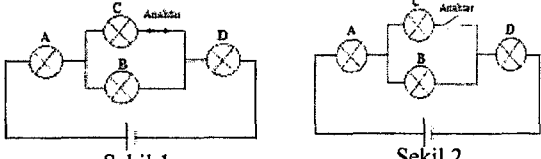
araştırmalarda büyük önem taşıyan bir durumdur. Bu türden sorular literatürde “diagnostic questions”, “research probes” olarak adlandırılmaktadır [62]. Ülkemizde bu türden sorulara verilen isimler “sondaj soruları” [62] ve “tanı koymaya yönelik sorular” [63] şeklindedir.

3.2.1.3 Soruların Geliştirilmesi

Sekiz sorudan oluşan kavramsal anlama testi, Balıkesir il merkezindeki üç farklı lisede lise 1. sınıftaki toplam 108 öğrenciye uygulanmıştır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda öğrencilerin cevaplamakta zorlandıkları bazı sorularda bir takım değişiklikler yapılmıştır. Örneğin testin son halinde 5. soru olarak kullanılan sorunun b şikkını öğrencilerin cevaplamakta zorluk çektikleri, cevaplayanların da çoğunun soruyu yanlış anladıkları görülmüştür (bkz. Şekil 3.1). b şikkında öğrencilerden devrede yapılan değişiklikten sonra ilk duruma göre lambaların parlaklıklarının nasıl değişeceği sorulmuş olmasına rağmen, öğrenciler sadece ikinci durumda lambaların parlaklıklarını sıralama yoluna gitmişlerdir. İlk etapta bu soruyu çıkartmak düşünülmüş ise de, öğrencilerin yaptıkları açıklamalarda, “*anahtar kapalıyken hiçbir lamba yanmaz*” veya “*anahtar açıkken bütün lambalar yanar*” gibi ifadelerin bulunması öğrencilerin bu konuda günlük dilin kullanımından kaynaklanan bazı alternatif fikirlere sahip olduklarını gösterdiğinden, bu soruda bir takım değişiklikler yapıldıktan sonra tekrar sorulmasına karar verilmiştir. Bu sorunun pilot çalışma ve ön testte kullanılan son hali Şekil 3.1’ de gösterilmektedir.

Sadece bu soruda değil, diğer sorularda da soruların pilot çalışmadaki ilk formu sadece açık uçlu tiptedir. Pilot çalışmada, her bir soru için öğrencilerin verdikleri yanıtlar içinden sayıca en fazla olanları çoktan seçmeli cevap şikkı olarak kullanılmıştır. Öğrencilerin testteki her bir soru için verilen şıklardan birini tercih etmeleri ve sorunun altında bırakılan boşluklara bu tercihlerini açıklamaları istenecek şekilde sorular düzeltilmiştir. Eğer öğrenciler soru için verilen şıkları doğru kabul etmiyor ise, şıkların en sonunda şeklinde bir şık sunularak kendilerine göre doğru olan bir seçeneği yazmaları istenmiştir.

Pilot çalışma sonucunda yeniden düzenlenen test başka bir lisede 22 kişilik bir sınıfa tekrar uygulanmıştır. Buradan elde edilen veriler doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılarak teste son hali verilmiştir.

I	II
<p>Aşağıdaki devrede bütün lambalar özdeştir. Buna göre:</p>  <p>I. Anahtar kapalı iken her bir lambanın parlaklığını büyükten küçüğe doğru sıralayınız. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.</p> <p>-----</p> <p>II. Anahtar açık iken her bir lambanın parlaklığını I durumuna göre nasıl değişir. Sebebini açıklayınız.</p> <p>-----</p>	<p>Aşağıdaki devrede bütün lambalar özdeştir. Buna göre:</p>  <p>Şekil 1</p> <p>Şekil 2</p> <p>a) Şekil 1’de anahtar kapalı konumdadır. Lambaların parlaklığı ile ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerin başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X isareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.</p> <p><input type="checkbox"/> $A=D>B=C$ <input type="checkbox"/> $A>B=C>D$ <input type="checkbox"/> $C>A=D>B$ <input type="checkbox"/> $A=B=C=D$ <input type="checkbox"/> Anahtar kapalıyken hiçbir lamba yanmaz <input type="checkbox"/></p> <p>Açıklamanız:</p> <p>-----</p> <p>b) Şekil 2’de anahtar açık konumdadır. Lambaların parlaklığı ile ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerin başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X isareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.</p> <p><input type="checkbox"/> $A>B=C>D$ <input type="checkbox"/> $A>B=D$, C yanmaz <input type="checkbox"/> $A=D>B=C$ <input type="checkbox"/> $A=B=C=D$ <input type="checkbox"/> $A>B>D$, C yanmaz <input type="checkbox"/> Anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz <input type="checkbox"/></p> <p>Açıklamanız:</p> <p>-----</p>

Şekil 3.1 Beşinci sorunun pilot çalışma (I) ve ön testteki son hali (II).

3.2.1.4 Öğretim Öncesi ve Sonrası Testlerde Kullanılan Soruların Tanıtımı

Aşağıda, kavramsal anlama testinde kullanılan her bir soru için kısa bir tanıtım yapılmıştır.

Soru 1: Araştırmacı tarafından geliştirilen bu soru olaysal temellidir. Soruda öğrencilere bir pil ve bir lambadan oluşan devre sunulmuştur. Devrede, lambanın neden ışık verdiği ile ilgili olarak öğrencilerden bir açıklama yapmaları istenmiştir. Öğrencilerin yaptıkları açıklamalarında elektrikle ilgili hangi kavramı kullanıp kullanmadıklarını belirlemek amaçlanmıştır.

Soru 2: Araştırmacı tarafından geliştirilen bu soru, potansiyel farkı kavramı ile ilgili ve olaysal temellidir. Öğrencilerin “pil sayısı arttıkça lambanın parlaklığı artar” alternatif fikrine veya başka bir alternatif fikre sahip olup olmadıklarını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Literatürde öğrencilerin alternatif fikirlerini belirlemeye yönelik yapılan çalışmalarda kullanılan sorulara bakıldığında, hiçbirinde bu tür bir

soruya rastlanmamıştır. Lee ve Law [34] basit elektrik devrelerinin öğretimi üzerine yaptıkları çalışmada, potansiyel farkı kavramını sunarlarken yaptıkları etkinlik sırasında bazı öğrencilerin “tek bir lamba ve pilden oluşan bir devreye ikinci özdeş bir pil paralel veya seri bağlandığında her iki durumda da lambanın parlaklığının aynı oranda artacağını, çünkü pillerin sayısının artmasının lambanın parlaklığını arttıracığı” şeklinde bir açıklama yaptıklarını ifade etmişlerdir. Buradan hareketle, öğrencilerin pillerin paralel ve seri bağlanmasının lambanın parlaklığını nasıl etkileyeceği ile ilgili olarak öğretim öncesi bir sorunun sorulması uygun görülmüştür. Sonuç olarak öğrencilerin alternatif fikirlerini belirlemeye yönelik yapılan çalışmaların hiç birinde bu türden bir soruya rastlanmamıştır.

Özdeş lamba ve pillerden oluşan üç devre şekli öğrencilere sunulmuştur. Birinci devrede bir pil ve bir lamba, ikincisinde seri iki pil ve bir lamba, üçüncüsünde paralel iki pil ve bir lamba kullanılmıştır. Bu üç devrede öğrencilerden lambaların parlaklığı ile ilgili bir tahminde bulunmaları ve tahminlerini doğrulamaları istenmiştir.

Soru 3: Shipstone [6] tarafından yapılan çalışmadan alınan bu soru, ohm yasası ve direnç kavramlarıyla ilgili ve olaysal temellidir. Literatürde “sequential reasoning” olarak isimlendirilen bu soruda, “lambanın önündeki direncin (R_1) değeri arttırılırsa, lambaya daha az akım gider ve lambanın parlaklığı azalır, direncin değeri azaltılırsa lambaya daha fazla akım gelir ve lambanın parlaklığı artar” ve “lambadan sonraki direncin (R_2) değerinin arttırılması veya azaltılması lambanın parlaklığını etkilemez çünkü bu direnç lambadan sonra gelmektedir” alternatif fikrin öğrencilerdeki varlığını belirlemek amaçlanmıştır.

Her iki yanında farklı iki direnç bulunan bir lambanın yer aldığı soruda, dirençlerin herhangi birinin değerinin azaltılması veya arttırılması durumunda lambanın parlaklığının bu değişimden nasıl etkileneceği ile ilgili olarak öğrencilerden bir tahminde bulunmaları ve bu tahminlerini doğrulamaları istenmiştir.

Soru 4: McDermott ve Shafer [32] tarafından yapılan çalışmadan alınan bu soru, akım kavramı ile ilgili ve olaysal temellidir. Bu soruda, öğrencilerin “piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikrine veya başka bir alternatif fikre sahip olup olmadıklarını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Soruda özdeş lamba ve pillerden oluşan üç devre şekli öğrencilere sunulmuştur. Birinci devrede bir pil ve bir lamba, ikincisinde bir pil ve seri iki lamba,

üçüncüsünde bir pil ve paralel iki lamba kullanılmıştır. Öğrencilerden lambaların parlaklığı ile ilgili bir tahminde bulunmaları ve tahminlerini doğrulamaları istenmiştir.

Soru 5: McDermott ve Shafer [32] tarafından yapılan çalışmadan alınan bu soru olaysal temellidir. Soru pilot çalışmada ortaya çıkarılan “anahtar kapalıyken devrede hiçbir lamba yanmaz ” şeklindeki günlük dilden kaynaklanan alternatif fikrin öğrencilerdeki varlığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

Tek bir devre şekli üzerinde seri ve paralel bağlı özdeş dört lambanın kullanıldığı devrede, paralel koldaki bir lambanın yanına bir anahtar bağlanarak, anahtar açıkken ve kapalıyken lambaların parlaklığının ne olacağı ile ilgili öğrencilerin bir tahminde bulunmaları ve tahminlerini doğrulamaları istenmiştir.

Öğrencilerin her soruda kendilerine verilen seçeneklerden mutlaka birinin doğru olacağını düşünebilecekleri ihtimaline karşın, öğrencilere testi cevaplamaya başlamadan önce “*her soru için verilen seçeneklerden birini işaretleyin, eğer size göre bu seçeneklerden hiçbiri doğru değilse seçeneklerin sonunda bırakılan boşluğa kendi cevabınızı yazınız*” şeklinde bir açıklama yapılmıştır. Ayrıca 5. sorunun b şikkında verilen seçeneklerden hiçbirinin doğru olmayacak şekilde sunulması ile, öğrencilerin verilen seçenekleri eğer kabul etmiyorlarsa, seçeneklerin sonunda sunulan “□

Soru 6: Shipstone ve ark [29] tarafından yapılan çalışmadan alınan bu soru, potansiyel farkı kavramı ile ilgili ve olaysal temellidir. Bu soruda, öğrencilerin potansiyel farkı kavramını, akım veya enerji kavramlarının bir özelliğiymiş gibi veya potansiyel farkı bu kavramlardan farklı bir kavram olduğunu düşünüp düşünmediklerini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Özdeş lamba ve pillerden (6 volt) oluşan iki devre şekli öğrencilere sunulmuştur. Birinci devrede bir pil ve bir lamba, ikincisinde ise bir pil ve seri iki lamba kullanılmıştır. Öğrencilerden her iki devrede de, belirtilen iki nokta arasındaki potansiyel farkı değerinin ne olacağı ile ilgili bir tahminde bulunmaları ve tahminlerini doğrulamaları istenmiştir.

Soru 7: Literatürde genelde bir çok araştırmacı tarafından kullanılan bu soru, akım kavramı ile ilgili ve olaysal temellidir. Soruda öğrencilerin “akım devre

elemanları tarafından harcanır” şeklindeki alternatif fikrine veya başka bir alternatif fikre sahip olup olmadıklarını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Bir pil ve bir lambanın kullanıldığı devrede, öğrencilerden lambanın her iki yanındaki akım değeri ile ilgili olarak bir tahminde bulunmaları ve tahminlerini doğrulamaları istenmiştir.

Soru 8: McDermott ve Shafer [32] tarafından yapılan çalışmadan alınan bu soru, ölçü aletlerinin (ampermetre ve voltmetre) devreye bağlantı şekli ile ilgili ve olaysal temellidir. Direnç, lamba ve pillerin özdeş olduğu beş farklı devrenin sunulduğu soruda, birinci devrede ampermetrenin devreye seri bağlandığı, ikincisinde voltmetrenin devreye seri bağlandığı, üçüncüsünde ampermetrenin lambaya paralel bağlandığı, dördüncüsünde voltmetrenin lambaya paralel bağlandığı, beşincisinde hiçbir ölçü aracının kullanılmadığı devre şekilleri sunulmuştur. Öğrencilerden lambaların parlaklığı ile ilgili bir tahminde bulunmaları ve tahminlerini doğrulamaları istenmiştir.

Soru 9: Araştırmacı tarafından geliştirilen ve iki kısımdan oluşan bu soru, potansiyel farkı ve akım kavramları ile ilgili ve olaysal temellidir. Yapılan öğretimin genel bir değerlendirmesi amacıyla sorulan bu soruda, öğrencilerin paralel kolda bulunan farklı sayıda özdeş lambaların parlaklığı ve devrede yapılan bir değişiklik sonucunda lambaların parlaklığının bu değişiklikten nasıl etkileneceği ile ilgili görüşlerini belirlemek amaçlanmıştır. Öğrencilerin bu sorunun birinci kısmını doğru bir şekilde cevaplayabilmeleri için öncelikle paralel kolların potansiyel farkının eşit olduğunu, her bir koldan geçecek akım değerinin kolun toplam direncine bağlı olduğunu ve akımı ohm yasasından bulmaları ayrıca her bir lamba üzerinden geçen akım ile lambanın parlaklığının doğru orantılı olduğunu ifade etmeleri gerekmektedir. İkinci kısmı doğru cevaplayabilmeleri için ise, yapılan değişiklik sonucunda paralel kolların potansiyel farkının sabit kalacağını ve bu yüzden de lambaların parlaklıklarının değişmeyeceğini ifade etmeleri gerekmektedir. Sorunun doğru cevabına bakıldığında, gerçekten de bu sorununun doğru bir şekilde yanıtlanabilmesi için öğretim sonucunda öğrencilerin yukarıda belirtilen bir çok sonuca ulaşabilmesi gerekmektedir.

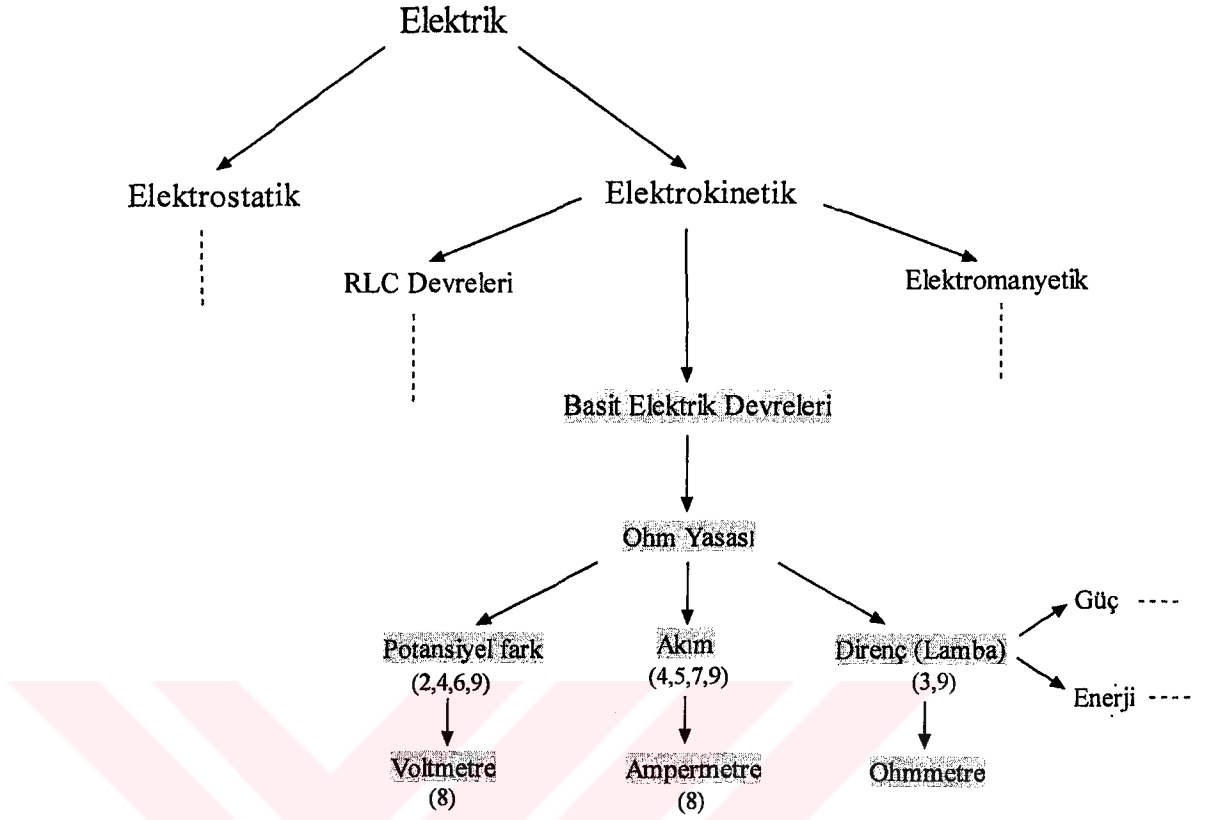
Sorunun birinci kısmında bir pil ve birbirine paralel üç kolda toplam altı adet özdeş lamba bulunmaktadır. Bu paralel kollardan birincisinde iki lamba (B ve C lambaları), ikincisinde bir lamba (A lambası) ve üçüncüsünde ise üç lamba (D,E,F

lambaları) bulunmaktadır. Öğrencilerden lambaların parlaklığı ile ilgili bir tahminde bulunmaları ve tahminlerini doğrulamaları istenmiştir. Sorunun ikinci kısmında ise, B ve C lambaları devreden çıkarılınca A,D,E,F lambalarının parlaklıklarının ilk duruma göre (bu lambaların sorunun birinci kısmındaki parlaklıklarına göre) nasıl değişeceği (seçenekler artar, azalır ve değişmez) ile ilgili olarak kendilerine sunulan seçeneklerden bir tanesini işaretlemelerini ve verdikleri cevabı açıklamaları istenmiştir.

Soru 10: Öğretmen tarafından hazırlanan bu soru nicel bir soru olup öğrencilerden herhangi bir açıklama yapmaları istenmemiştir. Öğrencilere, sorunun altından bırakılan boşluğa soruyu çözmeleri ve işlem basamaklarını anlaşılır bir şekilde yazmaları söylenmiştir. Öğrencilerden, soruda verilen şekil üzerinde belirtilen noktalar arasındaki potansiyel farkı değerini bulmaları istenmiştir.

Soru 11: Onuncu soru ile aynı yapıda olan bu soru iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda soruda verilen devrenin eşdeğer direncini, ikinci kısımda ise devrede belirtilen noktalar arasındaki potansiyel farkı değerini bulmaları istenmiştir.

Aşağıda Şekil 3.2’de sunulan kavramsal şemada hangi sorunun hangi kavramla ilgili olduğu kavramların altına parantez içinde yazılarak gösterilmiştir. Bu sorulardan 3. soru direnç, 6. soru potansiyel farkı, 7. soru akım kavramları ile ilgili öğrencilerin fikirlerini test etmek amacıyla sorulmuştur. Diğer sorularda ise, dolaylı olarak yine bu kavramlarla ilgili öğrencilerin görüşleri belirlenilmeye çalışılmıştır. Bir başka deyişle bu sorularda doğrudan bir kavram kullanılmamış olup sadece öğrencilerden verilen devrelerdeki lambaların parlaklığıyla ilgili bir seçeneği işaretlemeleri ve bu işaretlenen seçeneği neden işaretledikleri ile ilgili açıklamalar yapmaları istenmiştir.



Şekil 3.2 Kavramsal anlama testinde yer alan soruların hangi kavramları test etmeye yönelik olduğunu gösteren kavramsal şema.

Araştırmada öğretim öncesinde kullanılan kavramsal anlama testi soruları, literatürde yapılan bir çok çalışma sonucunda ortaya çıkarılan öğrencilerin en temel alternatif fikirleri ve pilot çalışmalar sonucunda elde edilen veriler dikkate alınarak hazırlanmıştır. Kavramsal anlama testi sorularından hangilerinin literatürden hangilerinin pilot çalışma sonucunda ortaya çıkarılan alternatif fikirlerle ilgili olduğu ve hangi testte yer aldığı Tablo 3.3’de sunulmuştur.

Tablo 3.3 Kavramsal anlama testinde yer alan soruların özellikleri.

Alternatif Fikirler	Literatür	Pilot Çalışma	Soru Numarası		
			Ön test	Son test	Gec. Son test
Piller sabit akım kaynağıdır.	√	√	4	4, 9	4, 9
Pil sayısı arttıkça lambanın parlaklığı artar (pillerin bağlantı şekli önemsenmiyor)	√	√	2	2	2
Akım devre elemanları tarafından harcanır	√	√	7	7	7
Seri bir devrede lambanın önünde yapılan bir değişikliğin lambanın parlaklığını etkiler, lambadan sonra gelen bir yerde yapılan değişikliğin lambanın parlaklığını etkilemez (sequential reasoning)	√	√	3	3	3
Potansiyel farkı, akım ve enerji kavramlarının birbiri yerine kullanılması	√	√	1, 6	1, 6	1, 6
Anahtar kapatıldığında lambalar söner	-	√	5	5	5
Paralel kollardaki lamba sayıları farklı olsa da her koldan geçen akım miktarları eşittir	√	-	-	9	9

3.2.1.6 Soruların Uygulanması

Ön test, son test ve geciktirilmiş son testin deney ve kontrol grubuna uygulaması sırasında dikkate alınan durumlar kısaca aşağıda özetlenmiştir.

- Her üç test içinde öğrencilerin rahat bir şekilde soruları cevaplayabilmesi için zaman sınırlaması yapılmamıştır. Deney ve kontrol grubunun her ikisinde de testlerin öğrenciler tarafından tamamlanma süresi yaklaşık 40-50 dk arasında olmuştur.
- Testler her iki gruba da aynı zamanda uygulanmıştır.
- Ön test öğretimden yaklaşık üç ay önce, son test öğretimden bir hafta sonra, geciktirilmiş son test ise öğretimden beş buçuk ay sonra uygulanmıştır.

- Testlerin uygulandığı günün öğrencilerin o gün olabilecek herhangi bir derse ait sınavlarıyla çakışmamasına özen gösterilmiştir.

3.2.2 Görüşme

Araştırmada kullanılan görüşme türü yarı yapılandırılmış açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Sorularda, devre şekilleri öğrencilere tek tek kartlara çizilmiş olarak verilmekte ve öğrencilerden soru ile ilgili olarak açıklama yapmaları istenmektedir.

Görüşmeler kavramsal anlama testlerinden elde edilecek öğrenci fikirlerini desteklemesi ve öğrencilerin görüşlerinin derinlemesine incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Yapılan görüşmelerde önceden hazırlanan sorular sorulmuştur. Fakat görüşmenin seyri içinde soru içinde duruma göre farklı sorulara da yer verilmiştir. Görüşmeler 22 dk ile 40 dk arasında sürmüştür. Görüşmelerin tamamı ses kayıt cihazı ile kaydedilmiş ve yazılı forma dönüştürülmüştür.

Görüşmede kullanılan soruların pilot çalışması, kavramsal anlama testi sorularının pilot çalışmasının yapıldığı 22 kişilik sınıftan rastgele seçilen iki öğrenciyle yapılmıştır. Ardından elde edilen veriler doğrultusunda görüşme sorularına son hali verilmiştir.

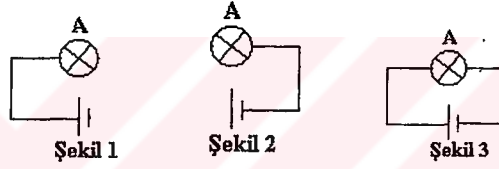
Deney grubundan seçilen 9 öğrenciyle bireysel olarak araştırmacı tarafından öğretimden üç hafta önce ve öğretimden iki hafta sonra görüşmeler yapılmıştır. Sınıftaki bütün öğrenciler ile görüşme yapılması zaman probleminde dolayı olanaklı değildir. Bu etken hem araştırmacıyı hem de öğrenciyi etkilemektedir. Görüşme yapılacak öğrencilerin seçilmesinde, öğretim öncesinde ön testten alınan puanlar dikkate alınmıştır. Bunun için bütün sınıfın testten aldıkları puanlar büyükten küçüğe doğru sıralanmış ve ardından sınıf mevcudu üst, orta ve alt olmak üzere üçe bölünmüştür. Bu üç grup içinden üçer öğrenci rastgele seçilmiştir. Öğrencilerin görüşmelere katılımları tamamiyle gönüllülük esasına dayalı olup, öğrencilere yapılacak görüşmelerin formatı hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra eğer istemiyorlarsa görüşmelere katılmayabilecekleri belirtilmiştir. Seçilen bu 9 öğrencinin hepsi görüşmeye katılma konusunda istekli olduklarını ifade etmişlerdir.

3.2.2.1 Görüşme Soruları

Bu kısım, görüşmede öğrencilere yöneltilen açık uçlu soruların kısa bir tanıtımını içermektedir. Sorular dört ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısmın akım,

ikinci kısım “piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikrini, üçüncü kısım potansiyel farkı kavramını ve son olarak dördüncü kısım günlük dilden kaynaklandığı düşünülen ve anahtarla ilgili alternatif fikirleri belirlemeyi hedeflemektedir. Aşağıda görüşmelerde kullanılan sorularla ilgili tanıtıcı bilgilere yer verilmektedir.

I. Kısım: Bu kısım öğrencilerin pillerle ilgili ve devrede dolanan şey konusunda görüşlerini belirlemek amacıyla sözel olarak, “Bir elektrik devresinde pil ne işe yarar?” ve “Bir elektrik devresinde dolanan bir şey var mıdır?” şeklinde kavramsal temelli sorularla başlamaktadır. Bu sorulardan sonra öğrencilere aşağıdaki üç şekil sırayla gösterilerek “A lambası ışık verir mi? Neden?” olaysal temelli soruları sorulmuş ve öğrencilerin devrenin nasıl tamamlanması gerektiği ile ilgili görüşleri alınmıştır.



Yukarıdaki bütün soruların sonucunda eğer öğrenci; “akımın” (veya “enerji”, “voltaj”, “güç” vb) devrede dolanım yönünü pilin bir kutbundan diğerine doğru olduğunu ifade ediyor ise ona aşağıdaki soru yöneltilmiştir.

Soru: Şekil 3’teki devrede akım (enerji, voltaj, güç vb) ile ilgili olarak aşağıdaki ifadelerden size göre hangisi doğrudur?

- Lambanın her iki tarafındaki akım şiddeti eşit büyüklüktedir.
- Akım lambayı geçtikten sonra azalır
- Lambaya gelen akımın hepsi lambada harcanır ve lambanın diğer tarafında akım şiddeti sıfırdır.

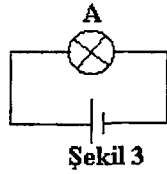
Eğer öğrenci, pilden akım iki yönlü olarak çıkar diyor ise, aşağıdaki soru yöneltilmiş ve görüşünü açıklaması istenmiştir.

Soru: Şekil 3’teki devrede akım (enerji, voltaj, güç vb) ile ilgili olarak aşağıdaki ifadelerden size göre hangisi doğrudur?

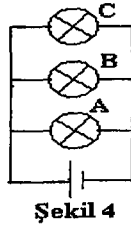
- İki yönden de eşit olarak gelir ve lambada çarpışırlar, böylelikle lamba yanar.
- Pilin + kutbundan – kutbuna göre daha fazla akım gelir. Lamba + taraftan gelen akım sayesinde yanar.

Yukarıda iki soruda verilen seçenekler, pilot çalışma sırasında ortaya çıkarılan ve pekçok öğrenci tarafından ifade edilen görüşler olduğundan kullanılmıştır.

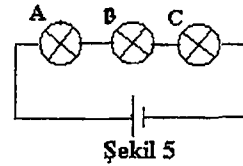
II. Kısım: Bu kısımda “piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikri ile ilgili olarak öğrencilerin görüşlerinin temelinde yatan fikrin ne olduğunu belirlemek amaçlanmıştır. Bu kısımdaki soruların tamamı olaysal temellidir.



Şekil 3



Şekil 4



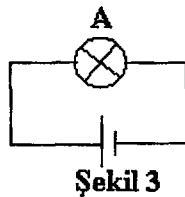
Şekil 5

Öğrencilere verilen ilk karttaki Şekil 4’te, Şekil 3’teki A lambasına özdeş B ve C lambalarının paralel bağlandığı devre şekli sunulmuştur. Öğrencilerden sırasıyla aşağıdaki sorularla ilgili olarak açıklama yapmaları istenmiştir.

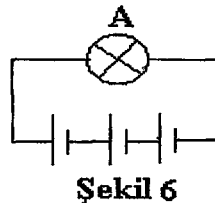
- A lambasının parlaklığı ilk duruma (Şekil 3) göre nasıl değişir?
- Lambaların parlaklığını kıyaslayınız.
- Parlaklık karşılaştırılmasını neyi düşünerek yaptınız?

Öğrencilere verilen ikinci karttaki Şekil 5’te ise, Şekil 3’teki A lambasına özdeş B ve C lambalarının seri bağlandığı devre şekli sunulmuştur. Öğrencilere yine sırasıyla yukarıdaki üç sorunun aynısı kullanılarak açıklama yapmaları istenmiştir.

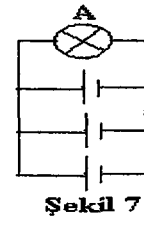
III. Kısım: Bu kısımda pillerin seri veya paralel bağlanmasının lambanın parlaklığını nasıl etkileyeceği ile ilgili olarak öğrencilerin görüşlerinin temelinde yatan düşüncenin ne olduğunu belirlemek amaçlanmıştır. Buradaki soruların tamamı da olaysal temellidir.



Şekil 3



Şekil 6

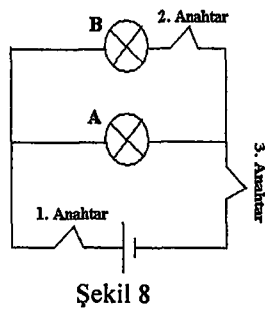


Şekil 7

Öğrencilere verilen ilk karttaki Şekil 6’da, Şekil 3’teki pile özdeş iki pilin seri bağlandığı devre şekli sunulmuştur. Öğrencilerden A lambasının ilk duruma göre (Şekil 3) nasıl değişeceği ile ilgili tahmin ve açıklama yapmaları istenmiştir.

Öğrencilere verilen ikinci karttaki Şekil 7’de ise, Şekil 3’teki pile özdeş iki pilin paralel bağlandığı devre şekli sunulmuştur. Öğrencilerden A lambasının ilk duruma göre (Şekil 3) nasıl değişeceği ile ilgili tahmin ve açıklama yapmaları istenmiştir.

IV. Kısım: Bu kısımda günlük dilden kaynaklandığı düşünülen anahtarla ilgili olarak öğrencilerin görüşlerinin temelinde yatan fikrin ne olduğunu belirlemek amaçlanmıştır. Araştırmacı, kavramsal anlama testi sorularından beşincisinde deney grubu öğrencilerinin bir kısmının (% 30.4) ön testteki “anahtar kapatıldığında lambaların hepsi söner” düşüncesine sahip olduğunu belirlemiş ve bu düşüncenin temelinde yatan fikrin günlük dilden kaynaklandığı araştırmacı tarafından düşünülmektedir. Şekil 8’de sunulan sorularla öğrencilerin bu görüşlerinin temelini inilmeye çalışılmıştır. Olyasal temelli olarak sunulan bu soruda, Şekil 8’de verilen devrede öğrencilere, “Şekil 8’de üç anahtar da kapalıdır. Lambalar ışık verir mi?” sorusu sorulmuştur. Eğer öğrenciler verir diyorsa aşağıda sunulan sorular art arda sorularak öğrencilerin görüşleri belirlenmeye çalışılmıştır. Eğer öğrenci vermez diyorsa bu cevabını açıklaması istenmiştir.



- Yalnız 2. anahtar açılırsa lambaların parlaklığı nasıl değişir? Neden?
- Yalnız 3. anahtar açılırsa lambaların parlaklığı nasıl değişir? Neden?
- Yalnız 1. anahtar açılırsa lambaların parlaklığı nasıl değişir? Neden?

3.2.2.2 Görüşme süreci

Görüşmeler boyunca araştırmacının rolü, öğrencilerden ayrıntılı ve derinlemesine bilgi almaktır. Bu yapılırken öğrencilerin yönlendirilmesinden kaçınılmış ve iletişimin doğal ve rahat bir ortamda gelişmesi için çaba harcanmıştır. Görüşmelerin tamamı öğrencilerle bireysel olarak okulun fizik laboratuvarında

yapılmış olup görüşme sırasında diğer öğrenciler laboratuvarında içinde malzemelerin olduğu küçük bir odada tutulmuşlardır. Henüz görüşme yapılmamış öğrencilerin görüşmesi biten öğrencilerle karşılaşp bir şekilde bunların fikirlerinden etkilenebilecekleri düşünüldüğünden bu kişiler laboratuvardan uzaklaştırılmışlardır.

Sonuç olarak, araştırmadan elde edilen veriler;

- Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesi konu ile ilgili fikirlerinin ne olduğunu belirlemek amacıyla uygulanan ön test;
- Deney ve kontrol grubunda yapılan öğretimlerin etkili olup olmadığını belirlemek amacıyla öğretim sonrası uygulanan son test;
- Deney ve kontrol grubunda yapılan öğretimlerin öğrenmenin kalıcılığına olan etkisini ölçmek amacıyla uygulanan geciktirilmiş son test;
- Öğrencilerin fikirlerinin derinlemesine incelenebilmesi için deney grubundan seçilen 9 öğrenci ile öğretim öncesi ve sonrası yapılan görüşmeler;
- Öğretim sırasında öğrencilere her bir etkinlikle ilgili verilen çalışma yapıları ve sınıfın kamera ile yapılan genel çekimlerinden elde edilmiştir.

3.3 Verilerin Analizi

Deney ve kontrol grubuna uygulanan ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki her bir sorudan elde edilen veriler nicel ve nitel olmak üzere iki şekilde analiz edilmiştir. Bu analizlerin sonuçları “Bulgular ve Tartışma” bölümünde sunulmaktadır.

Nicel analizde, soru ile ilgili olarak çoktan seçmeli kısımdan elde edilen veriler tablo ve grafikler yardımıyla sunulmakta ve doğru cevap yüzdesine göre de bu veriler yorumlanmaktadır. Nicel analizde, öncelikle deney ardından kontrol grubundan elde edilen veriler sırayla sunulmaktadır.

Nitel analizde ise, öncelikle soru ile ilgili olarak öğrencilerin yaptıkları açıklamalardan oluşturulan kategorilerin her bir testteki yüzdeleri tablolar halinde verilmektedir. Veriliş sırası, deney ardından kontrol grubu gelecek şeklinde olan bu tabloların altında kısaca her üç testten elde edilen veriler yorumlanmaktadır. Tablolardan elde edilen bu veriler 1. araştırma sorusuna yanıt niteliğindedir. Nitel analizin ikinci kısmında ise deney ve kontrol grubu öğrencilerinin her üç testte de yer alan 2, 3-a, 4, 5-a, 6-I, 7 ve 8. sorularda (metin içerisinde sunulmayan 3-b, 3-c, 3-d,

5-b, 6-II sorularıyla ilgili kavramsal değişim grafikleri bilgi isteyen okuyucu için Ek C'de sunulmaktadır) buldukları düzeyleri ve bu düzeyler arası geçişlerini gösteren kavramsal değişim grafikleri yer almaktadır. Her grafiğin altında öncelikle üç testte öğrencilerin çoğunlukla hangi düzeyde buldukları kısaca ifade edildikten sonra, hangi öğrenci/öğrencilerin fikirlerinde kalıcı veya kalıcı olmayan bir kavramsal değişim olduğu verilmektedir (bu çalışmada, öğrencilerin fikirlerinde meydana gelen değişim, eğer öğrenci ön testte C, D, E, F ve G düzeylerinden birinde iken son test ve geciktirilmiş son testte A veya B düzeyinden birinde kalıyorsa “kalıcı kavramsal değişim”, son testte A veya B düzeyinde iken geciktirilmiş son testte C, D, E, F ve G düzeylerinden birine düşüyorsa “kalıcı olmayan kavramsal değişim” olarak isimlendirilmiştir). Kavramsal değişim grafiklerinden elde edilen veriler 2. araştırma sorusuna yanıt niteliğindedir. Kategorilerin ve düzeylerin nasıl belirlendiği ile ilgili bilgiler bundan sonraki kısımda “kodlama sistemi” başlığı altında sunulmaktadır.

Bütün sorularla ilgili nicel ve nitel verilerin analiz sonuçlarının verilmesinden sonra, deney ve kontrol grubunda yapılan öğretimlerin kavramsal anlama ve bilginin kalıcılığı açısından karşılaştırılmasını içeren istatistiksel analizler ve bu analizlerle ilgili yorumlar sunulmaktadır. Araştırmanın 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sorularını yanıtlamak üzere deney ve kontrol grupları kendi içinde karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu amaçla, “İlişkili Ölçümler İçin Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi” işe koşulmuştur. Bu test, az denekli araştırmalarda kullanılan ve grubun kendi içindeki gelişimini farklı zamanlarda yapılan ölçümler (ön, son, geciktirilmiş son testler) arasındaki farkı ortaya koyarak belirlemeye çalışan bir testtir [73]. Her bir grubun kendi içinde ön test, son test, geciktirilmiş son test puanları arasındaki farkın belirlenmesinde bu analiz tekniği kullanılmıştır. Bu test parametrik testlerden bağımlı gruplar için uygulanan “t” testine karşılık gelmektedir. Araştırma sorusu 9 ve 10’u yanıtlamak üzere, gruplar arası karşılaştırma yapılmıştır. Bu amaçla, “İlişkisiz Ölçümler İçin Mann Whitney U-Testi” deney ve kontrol gruplarının son test ve geciktirilmiş son testlerden aldıkları puanlar açısından karşılaştırılması için kullanılmıştır. Bu test, iki ilişkisiz örneklemden elde edilen puanların birbirinden anlamlı bir şekilde farklılık gösterip göstermediğini test etmektedir [73]. Ayrıca, bu test parametrik testlerden bağımsız gruplar için uygulanan “t” testine karşılık gelmektedir.

3.3.1 Kodlama Sistemi

Kavramsal anlama testinde yer alan soruların açık uçlu kısımlarında öğrencilerin yaptıkları açıklamalardan elde edilen veriler, tam yanıtı belirleme (nomothetic) ve açıklamaları belli kategoriler içerisinde sınıflandırma (ideographic) yaklaşımları kullanılarak analiz edilmiştir [61, 74]. Her iki analiz yönteminin kullanıldığı bu kısımda yapılan işlemler kısaca aşağıda sunulmaktadır.

- i. Araştırmacı tarafından sorunun olası doğru cevapları çıkarılmıştır.
- ii. Soruya yanıt veren öğrencilerin cevapları kodlanabilen ve kodlanamayan diye iki gruba ayrılmıştır.
- iii. Kodlanabilen cevaplarda, doğru ve yanlış olanlar ayrılmıştır.
- iv. Doğru cevaplar içinde benzer açıklamalar sınıflandırılarak farklı yanıt kategorileri oluşturulmuştur.
- v. Yanlış cevaplar içinde de benzer açıklamalar sınıflandırılarak farklı yanıt kategorileri oluşturulmuştur.

Her üç testte de, kategorilerin belirlenmesinde yukarıda sıralanan işlemlerin aynısı uygulanmıştır.

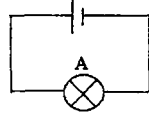
Her bir soru için belirlenen kategoriler, Tablo 3.4'te sunulan düzeylere göre gruplandırılmıştır. Tabloda da görüldüğü gibi, bu düzeylerin her birine yukarıdan aşağıya doğru en doğru cevaba 6 ve arkasından gelen düzeylere de sırasıyla 5, 4, 3, 2, 1 ve 0 puanları verilerek öğrencilerin ön test, son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlar hesaplanmıştır.

Tablo 3.4 Öğrencilerin yaptıkları açıklamalardan kavramsal anlama testinden alacakları puanları hesaplamak için geliştirilen düzeyler.

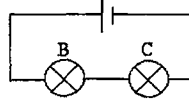
Düzeyler	Puan
A - Tam Doğru	6
B - Kısmen Doğru	5
C - Yanlış (1)	4
D - Yanlış (2)	3
E - Yanlış (3)	2
F - Kodlanamayan	1
G - Yanıtsız	0

Örnek olması açısından, kavramsal anlama testi sorularından dördüncüsünde öğrencilerin yaptıkları açıklamaların bu gruplar içinde hangi düzey içinde yer aldığı aşağıda sunulmaktadır.

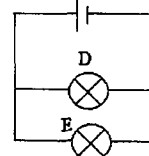
Soru 4



Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

Yukarıdaki şekillerde lambalar ve piller özdeşdir.

a) Lambaların parlaklığı ile ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerin başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X isareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.

$A > B = C = D = E$

$A = B = C > D = E$

$A > B = C > D = E$

$A = D = E > B = C$

$A = B > C > D > E$

.....

Açıklamanız:

- **Tam Doğru (A):** Bilimsel olarak doğru ve tam olarak kabul edilen açıklamalar bu grup içinde yer almaktadır. Örneğin “*ohm yasasından akımları bulursak bu Şekil 1’de I , Şekil 2’de $I/2$, Şekil 3’te ise $2I$ ’dir. Şekil 3’te lambalar paralel olduğundan akım iki kola ayrılarak her bir lambadan geçen akım I olur. Lamba üzerinden geçen akımın şiddeti ile lambanın parlaklığı doğru orantılı olduğundan parlaklık sıralaması $A = D = E > B = C$ olur*” ifadesi bu grup içine düşmektedir.
- **Kısmen Doğru (B):** Açıklamalar doğru fakat tam doğru cevaba göre eksik ise bu grup içinde yer almaktadır. Örneğin “*Paralel bağlı lambaların parlaklığı tek lambalı devredekiyle aynıdır ve bunların parlaklığı seri bağlı lambaların parlaklığından daha büyüktür*” ifadesi bu grup içine düşmektedir.
- **Yanlış-1 (C):** Hem kısmen doğru kabul edilebilecek hem de yanlış ifadelerin beraber bulunduğu açıklamalar bu grup içinde yer almaktadır. Genel olarak

bakıldığında ise ifadeler yanlış olarak sınıflandırılmıştır. Örneğin “*piller özdeş olduğu için, üç devrede de ana kol akımları aynıdır. Paralel bağlı lambalarda gelen akımın kollara ayrılmasından dolayı parlaklığı diğerlerinden daha azdır*” ifadesi bu grup içine düşmektedir. Bu açıklamada öğrencinin akım ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki kurduğu ve paralel bağlı lambalarda akımın iki kola ayrılmasından dolayı lambalardan geçen akımın azalacağını ve bu yüzden de lambaların (D ve E) parlaklığının diğer lambalara göre (A, B ve C) daha az olacağını ifade etmektedir. Bu ifade kısmen de olsa doğru kabul edilebilecek bir ifadedir. Bu doğru ifadenin yanında öğrencinin piller özdeş olduğu için üç devrede de ana kol akımlarının aynı olduğunu ifade etmesi ise yanlış olan açıklamadır.

- Yanlış-2 (D): Elektrikle ilgili kavramların kullanıldığı, devredeki herhangi bir elemanın azlık veya çokluğunu ayrıca devrenin bağlantı şeklini dikkate alarak akıl yürütenlerin açıklamaları bu grupta yer almaktadır. Bu ifadeler tamamıyla yanlış olan açıklamalardır. Örneğin “*seri bağlı lambaların parlaklığı paralel bağlı olanlara göre daha fazladır*”, ifadesi bu grup içine düşmektedir.
- Yanlış-3 (E): Elektrik konusuyla ilgisi olmayan kavram ve ifadeleri içeren açıklamalar bu grup içinde yer almaktadır. Örneğin “*A ile D eşittir. Çünkü ikisi de aynıdır. E de aynıdır. E, B'nin kablosundan uzundur. B ile C aynı şekildedir.*” ifadesi bu grup içine düşmektedir.
- Kodlanamayan (F): Anlaşılamayan ve soru ile tam olarak ilişkisi kurulamayan açıklamalar bu grup içinde yer almaktadır. Örneğin “*A büyüktür direnci kuvvetlidir. B=C çünkü ikisi aynı dirençtedir. C büyük D'den D'ye göre dirençlidir. D=E'ye çünkü ikisinin direnci aynıdır*” ifadesi bu grup içine düşmektedir.
- Yanıtsız (G): Soru için herhangi bir açıklama yapmayanlar ve işaretlediği seçeneği aynen açıklayan ifadeler bu grup içinde yer almaktadır. Örneğin $A > B = C > D = E$ seçeneğini işaretleyip, “*A büyüktür B'den B de eşittir C'ye. C büyüktür D'den, D de eşittir E'ye*” açıklamasını yapanlar bu grup içine düşmektedirler.

Ön test, son test ve geciktirilmiş son testte düzeylere verilen puanlar yardımıyla aynı öğrencilerin her bir testten aldıkları puanlar belirlenmiştir. Bu puanlar sayesinde deney ve kontrol grubunda yapılan öğretimlerin kavramsal anlama ve bilginin kalıcılığı açısından karşılaştırılması yapılmıştır.

3.1.2 Veri Analizinde İkincil Araştırmacı Kullanılması

Bilindiği gibi nitel araştırmaların veri analizinde, tamamiyle araştırmacının kendi algılama ve yorumlama biçimi geçerlidir. Bu durumda açık uçlu test sorularından elde edilen verilerin analizinde araştırmacıdan kaynaklanabilecek bazı yanılgıların kısmen de olsa giderilmesinde ikincil bir araştırmacının kullanılması nitel araştırmalarda bir zorunluluk haline gelmiştir [62]. Nitel bir soru ile ilgili olarak öğrencilerin yaptıkları açıklamaları araştırmacının algılaması ve yorumlaması tamamiyle kişisel olduğundan bazı yanlış sonuçlara ulaşılmış olması muhtemeldir. Algılama ve yorumlamadan kaynaklanabilecek böylesi hataların araştırma sonuçlarını etkilemesini engelleyebilmek için, aynı alanda çalışan başka bir araştırmacı tarafından da verilerin kodlanması gerekmektedir.

Verilerin kodlanmasında ikincil araştırmacının kullanılması ve ortak sonuçlara ulaşılması ile ilgili yapılanlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. Bunlar,

- Fizik eğitimi alanında çalışan araştırmacılardan bu işi yapmaya ve zaman ayırmaya istekli olan bir kişinin seçilmesi;
- İkincil araştırmacıya bu çalışmada ortaya çıkarılan kodlama sistemi hakkında ayrıntılı bilginin verilmesi;
- Deney ve kontrol gruplarından rastgele seçilen toplam 24 öğrencinin son testteki her bir soruya verdiği yanıtın ikincil araştırmacı tarafından kodlanması;
- Her bir soru için her iki araştırmacının kodlama sistemlerinin karşılaştırılması;
- Her bir soru için tutarlılık yüzdesi hesabı eğer % 80'nin altında çıkar ise [62], ikincil araştırmacı ile beraber, soru ile ilgili yapılan analizde esas alınanların yeniden gözden geçirilerek tekrar kategorilere göre kodlamanın yapılmasıdır.

Tutarlılık yüzdesinin hesabında aşağıdaki formül kullanılmaktadır [62].

$$p = \frac{N_a \times 100}{N_t}$$

p: Tutarlılık yüzdesi
 N_a: İki kodlamada aynı şekilde kodlanan öğrenci yanıtı sayısı
 N_t: Kodlanan toplam öğrenci sayısı

Öğrencilerin her bir soru için yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin tutarlılığı ile ilgili olarak ikincil araştırmacının yaptığı kodlama sisteminden sonra ortaya çıkarılan tutarlılık yüzdesi Tablo 3.5'te sunulmaktadır.

Tablo 3.5 Yanıt kategorilerinin tutarlılık yüzdesi.

Soru Numarası	p (tutarlılık yüzdesi)		Ortalama p (deney ve kontrol gruplarının ortalaması)
	Deney Grubu	Kontrol Grubu	
2	92	83	87
3	92	87	89
4	100	92	96
5	100	92	96
6	92	96	94
7	100	83	92
8	100	92	96
9	96	88	92
			92.75

Düzeylerin tutarlılığı ile ilgili olarak ikincil araştırmacının yaptığı kodlama sisteminden sonra ortaya çıkan tutarlılık yüzdesi aşağıda Tablo 3.6'da sunulmaktadır.

Tablo 3.6 Düzeylerin tutarlılık yüzdesi.

Soru Numarası	p (tutarlılık yüzdesi)		Ortalama p (deney ve kontrol gruplarının ortalaması)
	Deney Grubu	Kontrol Grubu	
2	100	86	93
3	100	92	96
4	83	100	92
5	92	100	96
6	91	84	87.50
7	100	100	100
8	85	91	88
9	94	95	94.50
			93.40

Her iki tabloda da görüldüğü gibi, yanıt kategorilerinin tutarlılık katsayısı % 92.75 ve puan grupların tutarlılık katsayısı % 93.40 olmuştur. Bu sonuçlar ışığında yapılan kodlama sisteminin ve veri analizinin güvenilir olduğu söylenebilir.

4. ÖĞRETİM MODELİNİN TASARLANMASI VE UYGULANMASI

Çalışmanın bu bölümünde, ilk olarak kavramsal anlamayı geliştirmek amacıyla araştırmacı tarafından tasarlanan öğretim modeli ile ilgili olarak, öğretimin dayandığı teorik temeller, kullanılan öğretim yöntemleri, hangi alternatif fikirler temel alınarak oluşturulduğu ve kavramsal içeriği hakkında kısa bilgiler yer almaktadır. İkinci olarak ise; tasarlanan öğretimin deney grubunda uygulanması, kontrol grubunda yapılan öğretim ve her iki öğretim arasındaki farklılıklar ile ilgili bilgiler verilmektedir.

4.1 Tasarlama

Bu kısım, tasarlanan ve deney grubunda uygulanan öğretim modelinin dayanağını oluşturan teorik temeller hakkında kısa bilgileri içermektedir.

4.1.1 Öğretim Modeli ve Dayandığı Teorik Temeller

Bu çalışmaya yön veren felsefik anlayış yapılandırmacı öğrenme kuramıdır. Giriş bölümünde de belirtildiği gibi bu yaklaşımın bilişsel, sosyal ve radikal yapılandırmacılık gibi türleri bulunmaktadır. Burada, deney grubunda gerçekleştirilen öğretimin temel çerçevesini sosyal yapılandırmacı anlayışın bazı temel görüşleri oluşturmaktadır. Öğrenmenin yapılandırmacı görüşlerinin temelinde; öğrencinin kendi bilgisini kendisinin kurduğu ve bu süreçte öğrencinin önceden bildiklerinin merkezi öneme sahip olduğu görüşleri bulunmaktadır. Sosyal yapılandırmacı anlayış, öğrenmeyi sosyal bir etkinlik olarak görmektedir. Öğrencilerin sosyal ortam içinde tartışmalar ve görüşmeler yardımıyla ortak bir anlamı yapılandığı kabul edilmektedir. Tartışmalar boyunca; öğrenciler kendi fikirlerini ortaya koyarlar, kendi fikirlerinin ve arkadaşlarının fikirlerinin farkına varabilir, birbirlerinin fikirlerini eleştirebilir, gerektiğinde kendi fikirlerini yeniden organize edebilir ve sonuçta paylaşılan ortak anlam üzerinde uzlaşabilirler. Kısacası, öğrenciler kendi fikirlerini kendileri oluştururken bu olay dışarıdan izole bir şekilde değil sosyal bir ortam içinde olmaktadır [64].

Sosyal yapılandırıcılığın yukarıda belirtilen temel fikirlerinin benimsendiği bu araştırmada, sınıf ortamının düzenlenmesi amacıyla yapılanlar aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır.

- Öğretim öncesi uygulanan öntesten elde edilen sonuçlar doğrultusunda, testten yüksek, orta ve düşük puan almış öğrencilerin bulunduğu yedi grup oluşturulmuştur.
- Sınıf ortamının fiziki yapısının grupla çalışmaya ve deney yapmaya uygun olmaması nedeniyle öğretim okulun fizik laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.
- Öğretim sırasında gruplar, laboratuvarında farklı masalarda ve birbirlerini rahatsız etmeyecek şekilde yerleştirilmişlerdir.
- Bütün etkinliklerde, her bir grubun diğerlerinden bağımsız bir şekilde deneyleri kendilerinin yapmaları için malzeme temin edilmiştir.
- Her bir grubun bütün etkinliklerde öncelikle kendi içinde ve sonra da sınıf içi tartışmalara katılmaları ve kendi fikirlerini açıklamaları için teşvik edilmiştir.

4.1.2 Öğretimde Kullanılan Yöntemler

Öğretim sırasında kullanılan etkinliklerin çoğunda, öğrencilerin fikirlerini ortaya çıkarmada ve gelişimini sağlamada etkili bir yöntem olarak görülen tahmin-gözlem-açıklama yöntemi (TGA) kullanılmıştır [60]. White ve Gunstone [65] tarafından geliştirilen bu yöntem, literatürde “predict-observe-explain (POE)” olarak geçmektedir.

Bu yöntem adından anlaşılacağı üzere, üç aşamayı içermektedir. Bunlar; tahmin, gözlem ve açıklama aşamalarıdır. Öğretimde bu yöntemin kullanımında neler yapıldığı kısaca aşağıda sunulmaktadır.

- Tahmin: Bu aşamada, öğrencilerden konuyla ilgili bir durum sunulmakta ve öğrencilerden bu durumla ilgili bir tahminde bulunmaları ve bu tahminlerini açıklamaları istenilmektedir.
- Gözlem: Bu aşama, öğrencilere tahmin kısmında sunulan durumla ilgili olarak deney veya gösteri deneyi (demonstrasyon) yapılması ile olayın sonucunun ne olduğunun gözlemlenmesini içermektedir.

- Açıklama: Bu aşamada, öğrencilerin tahmin ve gözlemlerinde bir çelişki var ise bu çelişkinin açıklanmasını içermektedir.

Bu çalışmada, öğretim sırasında tahmin-gözlem-açıklama yönteminin kullanıldığı etkinliklerde her bir aşamada yapılanlar kısaca aşağıda belirtilmektedir.

- Tahmin: Öğrencilerden kendilerine sunulan devre şekillerinde, lambaların parlaklık sıralaması ile ilgili bir tahminde bulunmaları ve bu tahminlerini açıklamaları istenilmiştir. Burada gruplar kendi içlerinde tartışarak bir ortak fikre ulaşmaya çalışmakta ve ardından bu fikirlerini bütün sınıfa sunmaktadırlar. Eğer grup ortak bir fikre varamazsa, iki veya daha fazla fikri sınıfa sunabilmektedir. Sonuç olarak bu aşamada öğrenciler kendilerinin ve arkadaşlarının fikirlerinin ne olduğunun farkına varmaktadırlar.
- Gözlem: Her grubun devreyi kurması ve lambaların parlaklığı ile ilgili gözlemlerini yapması ardından gözlem sonuçlarını kaydetmeleri istenilmektedir. Öğretmen aralarda dolaşarak devre kurulması sırasında sıkıntı çeken gruplara yardımcı olmaktadır.
- Açıklama: Her grubun lambaların parlaklığı ile ilgili yaptığı tahmin ve gözlemlerinde bir çelişki var ise bu çelişkinin nedenini grupların kendi içinde tartışması ve varılan sonucu sınıfa sunmaları istenilmektedir.

Bu yöntemin gözlem aşamasında, eğer öğrencilerin yaptıkları tahminleriyle çelişecek etkinliklere yer verilirse, bu durum öğrencilerin başlangıçta sahip olduğu fikirlerini yeniden gözden geçirmelerine ve yapılandırmalarına olanak sağlayabilir [64, 68]. Bu durum göz önüne alınarak bu çalışmada, öğretim sırasında bu yöntemin gözlem aşamasında, öğrencilerde bilişsel çatışma oluşturulmaya çalışılmıştır. Öğrenciler kendilerine verilen devrelerle ilgili olarak tahmin ve açıklamalarını yaptıktan sonra kendileri bizzat devreleri kurarak tahminlerini test etmişlerdir. Bunun sonucunda eğer tahmin ve gözlemler çelişiyorsa bu durum öğrencilerin zihinlerinde bir çatışma oluşturmakta ve bu çatışmanın çözümü için öğrencilerin birbirleriyle öğretmen rehberliğinde tartışmaları sağlanmaya çalışılmaktadır.

Benzetme yöntemi de kavramsal anlamayı sağlamak üzere kullanılacak bir yöntemdir. Bu çalışmada benzetme sadece bir etkinlikte potansiyel farkı ve akım kavramlarını öğrencilerin kafalarında somutlaştırmak ve “akımın azalması” alternatif fikrine sahip öğrencilerin bu görüşlerini değiştirmelerine yardımcı olabilmek

amacıyla “bisiklet pedal sistemi” [66, 67] benzetmesi kullanılmıştır. Burada; bisikletin pedalı pile, zincirin dönmesi akıma, zincirler iletken tele, arka tekerlek dişli göbeği lambaya benzetilmektedir. Bu benzetmenin sunumu sırasında öğrencilere “burada olay sadece bir benzetmedir, birebir anlamda tamamıyla bir bisiklet pedal sistemi ile elektrik devresi birbirinin aynısı değildir. Sizler, elektrik devresinin çalışmasını daha iyi anlayasınız diye böyle benzetme yoluna başvurulmuştur” şeklindeki açıklama yapılmıştır.

Benzetme kullanımı giriş kısmında bahsettiğimiz gibi kavramsal değişim için yapılan öğretimlerde başvurulan bir yöntemdir. Bu amaçla, “su devreleri” literatürde elektrik devreleriyle ilgili olarak sıklıkla kullanılan bir benzetmedir [34, 69, 70]. Su devreleri benzetmesinin öğretimde kullanımı oldukça fazla zaman aldığından [75] bu çalışmada kullanılmamıştır. Ayrıca, sunulan benzetmeden dolayı öğrencilerin öğretim sonunda alternatif fikirler kazanılabileceği veya var olan alternatif fikirlerin daha da güçlenebileceği gibi sıkıntıların [11, 25] ortaya çıkması ihtimaline karşın öğretimde benzetme kullanımından kaçınılmaya çalışılmıştır.

4.1.3 Öğretim ve Alternatif Fikirler

Öğretim öncesi öğrencilerin sahip olduğu alternatif fikirlerin öğrencilerin öğrenmelerine bir engel teşkil edeceği yapılandırmacı öğrenme modeli çerçevesinde araştırma yapan bir çok araştırmacı tarafından önemle vurgulanmaktadır. Öğretimde, alternatif fikirlerin dikkate alınması ve gelişimi veya değişimine yönelik etkinliklere yer verilmesi bu yüzden büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada öncelikli olarak, öğretim öncesi öğrencilerin basit elektrik devreleri konusu ile ilgili fikirlerini belirlemeye olanak tanıyacak bir kavramsal anlama testi geliştirilmiştir. Bu test, ilgili literatür gözden geçirilerek, Shipstone [6], Shipstone ve ark [29], McDermott ve Shafer [32], Lee ve ark'nın [34] çalışmalarında öğrencilerin görüşlerini ortaya çıkarmak amacıyla kullandıkları sorulardan bazıları seçilerek oluşturulmuştur. Bu test oluşturulurken hangi soruda ne tür bir alternatif fikir ortaya çıkabileceği yöntem bölümünde kavramsal anlama testi sorularının tanıtımı kısmında verilmektedir.

Literatürde basit elektrik devreleriyle ilgili olarak yapılmış çalışmalarda ortaya çıkarılan en temel öğrenci fikirleri;

- Akımın harcanması;
- Pillerin sabit akım kaynağı olduğu;
- Seri bir devrede lambanın önünde yapılan bir değişikliğin lambanın parlaklığını etkileyeceği fakat lambadan sonra gelen bir yerde yapılan değişikliğin lambanın parlaklığını etkilemeyeceği (sequential reasoning);
- Potansiyel farkı, akım ve enerji kavramlarının birbiri yerine kullanılması ve bunlar sanki aynı kavramlarmış gibi düşünülmesi;
- Paralel kollardaki lamba sayıları farklı olsa da her koldan geçen akım miktarlarının eşit olması (öğretim sonrası kullanıldı) şeklindedir.

Yukarıda belirtilen fikirler, kavramsal anlama testi soruları oluşturulurken ve öğretim planlanırken dikkate alınan en temel fikirler olmuştur. Pilot çalışmada da bu alternatif fikirlerin çoğunluğunun çıkması bu fikirlerin öğretimde dikkate alınmasını zorunlu hale getirmiştir. Günlük dilin kullanımından kaynaklanan ve pilot çalışma sonucunda ortaya çıkarılan “anahtar kapatılınca bütün lambalar söner” şeklindeki öğrenci görüşü ile ilgili olarak öğretimin 1. bölümünde Etkinlik 2’nin ikinci kısmında yapılan etkinlik ile öğrencilerin bu görüşlerini terk etmeleri sağlanılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, öğrencilerin “pil sayısı arttıkça lambanın parlaklığı artar” fikri ile ilgili sadece Lee ve Law’ın [34] yaptıkları çalışmanın öğretim kısmında böyle bir alternatif fikirden bahsedilmektedir. Bu alternatif fikir araştırmamızın pilot çalışmasında ve ön testte ortaya çıkarıldığından, öğretim sırasında değişimini sağlamaya yönelik olarak Bölüm 2’de yer alan Etkinlik 3 kullanılmıştır. Bu çalışmada sadece, “seri bir devrede lambanın önünde yapılan bir değişikliğin lambanın parlaklığını etkileyeceği fakat lambadan sonra gelen bir yerde yapılan değişikliğin lambanın parlaklığını etkilemeyeceği (sequential reasoning)” şeklindeki öğrenci görüşü için öğretim sırasında zaman probleminden dolayı özel bir etkinlik düzenlenmemiştir. Fakat yine de, öğrencilerin ohm yasasını ve eşdeğer direnç kavramını öğrendikten sonra kavramsal anlama testinde yer alan 3. soruyu doğru bir şekilde cevaplamaları beklenilmektedir.

4.1.4 Öğretime Kavramsal Açıdan Bakış

Geliştirilen öğretim planında dört bölüm bulunmaktadır. Bu bölümler:

1- “Basit elektrik devrelerine ilk adım”, 2- “Kavramlar”, 3- “Kavramlar arası fark” ve 4- “Direnç-ohm yasası” şeklindedir. Öncelikle bu bölümleri tanıtmadan önce aşağıda Tablo 4.1’de öğretimde hangi bölümde hangi etkinliklerin yapıldığı, bu etkinliklerin kaç dakika sürdüğü ve her bir etkinlikte işlenen kavramsal temaların ne olduğu ile ilgili bilgiler sunulmaktadır.

Tablo 4.1 Bölümlerde yer alan etkinliklerin süreleri ve işlenen kavramsal temalar

Bölüm	Etkinlik	Kısım	Süre (dk)	İşlenen Kavramsal Tema
1	1	-	12	Devre tamamlanması
	2	1	48	Elektrik devrelerinin genel davranışları
		2	45	
		3	30	
2	1	-	20	Potansiyel farkı – Voltmetrelerin sunumu
	2	-	20	Potansiyel farkı
	3		30	Potansiyel farkı – Seri, ters seri ve paralel, ters paralel pil bağlantıları
	4		25	Akım – Ampermetrelerin sunumu
	5	-	15	Akım, - “akımın harcanması”
	6		45	Akım, potansiyel farkı – “piller sabit akım kaynağıdır”
3	1		25	Potansiyel farkı ile enerji kavramları ars. farklılığı ortaya koyma
	2		13	Potansiyel farkı ile akım kavramları ars. farklılığı ortaya koyma
4	1		7	Direnç kavramı ve ohmmetrelerin sunumu
	2		21	Ohm yasası.
	3		15	Seri bağlı dirençler – Eşdeğer direnç
	4		21	Paralel bağlı dirençler – Eşdeğer direnç
	5		23	Karışık bağlı dirençler – Eşdeğer direnç

Aşağıda öğretimde yer alan dört bölümü tanıtıcı kısa bilgilere yer verilmektedir

Basit Elektrik Devrelerine İlk Adım: Öncelikli olarak bu kısımda amaç öğrencilerin, bir pil, bir lamba ve iki iletken tel kullanılarak oluşturulacak basit bir elektrik devresinde, lambanın ışık verebilmesi için devrenin doğru bir şekilde

tamamlanmasının zorunlu olduğu fikrine öğrencilerin kendilerinin ulaşmalarını sağlamaktır. Ardından öğrencilerin devrelerle ilgili olarak el becerisi kazanmaları ve elektrik devrelerinin işleyişi üzerine genel fikirler edinmeleri hedeflenen bir diğerk amaç olmuştur. Öğrencilerin elektrik devrelerinin davranışının kendi düşündükleri gibi olamayabileceğinin farkına varmaları ve derse karşı onları istekli hale getirebilmek bu kısmın bir alt hedefi olmuştur.

Yukarıda belirtilen amaçlar doğrultusunda Bölüm 1’de Etkinlik 1 ve 2’de yer alan etkinlikler derste kullanılmıştır. Bu kısımda öğrencilere konuyla ilgili herhangi bir kavram sunulmamış ve öğrencilerin elektrik devreleriyle ilgili bir kavram kullanmaları özendirilmemiştir. Sadece öğrencilerin, devrelerdeki lambaların parlaklığı ile ilgili olarak tahminde bulunmaları ve bu tahminlerini açıklamaları istenilmiştir. Açıklamalarda tabiki akım, enerji, voltaj gibi elektrikle ilgili kavramlar öğrenciler tarafından kullanılmıştır. Bu bölüm elektrik devrelerin davranışı üzerine öğrencilerin genel fikirler edinmesini sağlamak olduğundan, öğrencilerin bu kısımda kullandıkları kavramlarla ilgili olarak öğretmen tarafından herhangi bir yorum veya eleştiri yapılmamıştır.

Kısaca diyebiliriz ki, öğretimin bu kısmı, öğrencilerin elektrik devrelerini kurdukları, olayları gözlemledikleri ve elektrik devrelerinin işleyişini keşfetmeye başladıkları bir başlangıç aşamasıdır.

Kavramlar: Bu bölüm potansiyel farkı ve akım kavramlarının öğrencilere sunulduğu kısımdır. Enerji ve güç kavramları ile ilgili olarak herhangi bir sunum yapılmamıştır. Bunun sebebi ise, programda bu kavramların öğretiminin lise 2. sınıfta yer almasıdır. Öğretim öncesinde, sorulan sorularda ve yapılan görüşmelerde öğrencilerin enerji kavramını sıkça kullanmalarından dolayı, “kavramlar arası fark” isimli öğretimin 3. bölümünün 1. kısmında “potansiyel farkı-enerji kavramları arasındaki fark” etkinliğinde enerji kavramı kullanılmış ve bu kavramın potansiyel farkı kavramından farkı ele alınmıştır. Enerji ve güç kavramları lambaların parlaklığı ile ilişkilendirilen kavramlardır. Bu kavramlar sunulmadığında, öğrencilerin lambaların parlaklığı ile ilgili olarak, öğretim sonucunda doğru tahminde bulunamayacakları araştırmacıyı endişelendiren bir durum olmuştur. Bu zorluğu ortadan kaldırabilmek için, öğretim sırasında yapılan bütün etkinliklerde kullanılan lamba ve dirençlerin özdeş olmasına dikkat edilmiştir. Bunun sonucunda

ise öğrencilerin lambaların parlaklığı ile ilgili tahminlerinde ya lambaların uçları arasındaki potansiyel farkı değerini ya da üzerinden geçen akım değerini ele alarak bir tahminde bulunmaları sağlanmıştır.

Bu bölüm, potansiyel farkı ve akım kavramlarının hem nitel hem de nicel olarak öğrencilere sunulduğu kısımdır. Potansiyel farkı kavramı ile ilgili olarak öğretmen tarafından yapılacak açıklamalarda Psillos, Koumaras ve Tiberghien' nin [46] yaptıkları çalışmada, pillerin çalışma mekanizmasını sunmak üzere kullandıkları açıklamalar (6, 7 ve 8. maddeler-sayfa 35 [46]) kullanılmıştır. Bu üç açıklama art arda değil öğrencilere belli etkinlikler yapıldıktan sonra öğretmen tarafından verilmiştir. Ayrıca potansiyel farkı kavramının nitel olarak öğrenciler tarafından anlaşılması içinde Lee ve ark'nın [34] çalışmalarında Ek C' de sundukları potansiyel farkı ile ilgili bölümün ilk 6 maddesindeki devreler kullanılmıştır. Akım kavramı ile ilgili olarak da Osborne' nun [25] 4 tane akım modeline ek olarak öğretim öncesi uygulanan anket sorularında öğrencilerin yaptıkları açıklamalardan yola çıkarak beşinci bir model de (Şekil 4.8 İfade 5) araştırmacı tarafından eklenmiştir. Bu etkinlik ile (Bölüm 2 Etkinlik 4'ün ikinci kısmı), öğrencilerin akım kavramı ile ilgili olarak kendilerinin ve arkadaşlarının görüşlerinin ne olduğunun farkına varmaları amaçlanmıştır.

Öğrencilerin akım kavramıyla ilgili olarak sahip oldukları “akımın devre elemanları tarafından harcanması” alternatif fikrine, kavramsal değişim için öğretimin “bilişsel çatışma yöntemiyle” meydan okunmaktadır. Bu alternatif fikir için yapılan bilişsel çatışma yönteminde, genellikle literatürde birçok araştırmacı tarafından kullanılan etkinlikte, bir lambanın her iki yanına birer ampermetre konularak öğrencilerin her iki ampermetreden geçen akımı ölçmeleri ve deney sonucunu yorumlamaları istenilmektedir. Lambanın her iki yanında bulunan ampermetreler aynı değeri gösterdiğinden, öğrencilerin akımın lamba tarafından harcanmadığı görüşüne ulaşacakları düşünülmektedir. Öğrencilerin, akımın pilin iki kutbundan da geleceği ve ampermetrelerin de akımı harcadığı [45, 47] şeklinde görüşlere sahip olunabileceği düşünüldüğünden bu çalışmada, pilin eksi kutbu tarafına iki tane artı kutbu tarafına ise bir tane ampermetre konulmuştur. Bütün ampermetrelerin ibrelerinin aynı yönde ve aynı miktarda sapmasını gözlemleyecek öğrencilerin, devrede akımın bir yönde aktığı ve devrenin her yerinde aynı değerde olduğu sonucuna ulaşmaları hedeflenmiştir. Akımın harcanması fikrine karşı

sunulan bu etkinlik, literatürde hiçbir araştırmacı yukarıda anlatıldığı gibi (üçüncü ampermetrenin kullanımı) sunulmamıştır. Ayrıca bu aşamada bisiklet analogisi [66, 67] kullanılarak, akımın devrede harcanmadığı fikrinin öğrencilerin zihinlerine yerleştirmek de amaçlanmıştır.

Bölüm 2 Etkinlik 6'da ise öğrencilerin, pillerin sabit akım kaynağı değil sabit potansiyel farkı kaynağı oldukları fikrine ulaşmaları amaçlanmıştır. Bölümün son etkinliği olan bu kısımda aynı pilin kullanıldığı 4 değişik elektrik devresinde öğrenciler, voltmetreler ve ampermetreleri kullanarak ölçümler yapmışlardır. Ardından öğrencilere öğretmen tarafından pillerle ilgili olarak son açıklama yapılmıştır.

Kavramlar Arası Fark: Potansiyel farkı, akım ve enerji kavramları soyut kavramlar olduklarından öğrenciler tarafından anlaşılmaları oldukça zordur. Bu kavramların anlaşılmasının zorluğu bir tarafa, öğrenciler tarafından çoğunlukla birbirleri yerine kullanılan kavramlar oldukları için bu kavramların birbirinden farkının ortaya konulması önemli bir durum olmuştur. Bir önceki bölümde yer alan etkinliklerle öğrencilerin potansiyel farkı ve akım kavramlarını anlamaları sağlandıktan sonra bu kavramların bir birinden farkını ortaya koymak da bir üst düzey etkinlik olarak bu bölümde gerçekeştirilmeye çalışılmıştır. Bir önceki bölümde de belirttiğimiz gibi, ulusal programda elektrik enerjisi konusu lise 2. sınıfta sunulduğundan bu araştırmanın öğretim ile ilgili kısmı içine alınmamıştır. Ancak enerji kavramının, çoğu öğrenci tarafından öğretim öncesinde yapılan anket sonuçları ve görüşmelerde çoğunlukla kullanılan bir kavram olması dolayısıyla bu bölüm içinde potansiyel farkı ve akım kavramlarından farkını ortaya koymak araştırmacı tarafından önemli görülmüştür. Kavramlar arası farkı ortaya koymak amacıyla öğretim sırasında kullanılan etkinlikler, Psillos'un [47] çalışmasından alınmıştır.

Direnç-Ohm Yasası: Bu bölüm, direnç ve eşdeğer direnç kavramlarının ilk olarak tanıtıldığı bölümdür. Bir iletkenin direnç değerini belirleyebilmek için kullanılan ohmmetrelerin takdiminden sonra ohm yasası sunulmuş ve ardından bir birine özdeş dirençlerin seri ve paralel bağlanmaları durumunda devrenin eşdeğer direncinin nasıl bulunacağı ile ilgili formüllere, öğretmen tarafından öğrencilerle

beraber yapılan deneyler sonucunda ulaşılmıştır. Karışık bağlama durumunda ise devrenin eşdeğer direncini öğrencilerin kendisinin bulması istenmiştir.

Ohm yasası, dirençlerin seri, paralel ve karışık bağlanmaları ile ilgili etkinliklerde her etkinliğin sonunda öğrencilerin buldukları direnç (eşdeğer direnç) değerini farklı ve kısa bir yoldan bulabilmeleri için, devreye bağlı pil veya güç kaynağını çıkararak yerine ohmmetreyi bağlayıp ölçüm yapmaları sağlanmıştır. Böylelikle öğrenciler, etkinlik sonucunda buldukları direnç (veya eşdeğer direnç) değerinin doğru olup olmadığını kontrol etme fırsatı da bulmuşlardır.

Etkinliklerin sonunda ohm yasası, seri, paralel ve karışık devrelerle ilgili birkaç problem öğretmen tarafından çözülmüştür.

4.2 Uygulaması

Bu kısımda deney ve kontrol gruplarında yapılan öğretimler ve bu öğretimlerin birbirlerinden farkı ile ilgili bilgiler verilmektedir. Öncelikle deney grubunda yapılan öğretimde her bir etkinlikten elde edilen bulgulara yer verilmektedir. Ardından kontrol grubunda yapılan öğretim ve her iki grupta yapılan öğretimlerin karşılaştırıldığı kısım son bulmaktadır.

4.2.1 Deney Grubunda Gerçekleştirilen Öğretim

Öğretim planındaki her bir etkinliğin tek tek değerlendirilmesinin yapıldığı kısmı içeren bu bölümde elde edilen veriler, her bir öğrenciye etkinlik sırasında yapması gereken açıklamalar için dağıtılan kağıtlar ve kamera ile yapılan genel sınıf çekimlerinden elde edilmiştir. Öğretim sırasında öğretmen tarafından yapılan açıklamalar italik olarak 11 punto ile yazılmıştır.

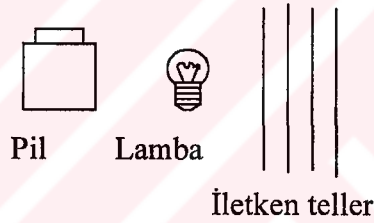
Bölüm 1

Bu bölümde, öğrencilerin, doğru bir şekilde bağlanmış kapalı devre modeline ulaşabilmeleri, elektrik devreleri kurmaya alışmaları ve elektrik devrelerinin davranışı üzerine genel fikirler edinmeleri amaçlanmıştır.

1. Ders

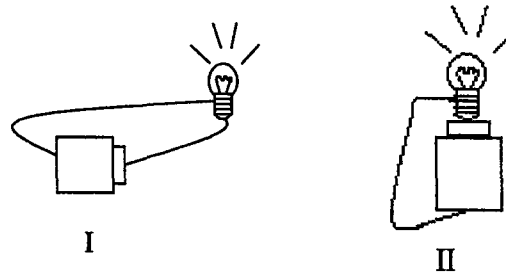
Etkinlik 1: Bu etkinlik ile öğrencilerin, lambanın ışık vermesi için devrenin doğru bir şekilde bağlanması, bunun için de elektrik devresinin kapalı devre şeklinde olması gerektiği sonucuna ulaşmalarını sağlamak amaçlanmıştır.

Her öğrenci grubuna bu etkinliği gerçekleştirmeleri için, bir pil, bir lamba ve dört adet iletken kablo verilmiştir (Şekil 4.1). Öğrencilere etkinlikle ilgili kağıtta neler yapmaları gerektiği maddeler halinde sıralanmıştır. Ayrıca öğretmen sınıf içinde dolaşarak öğrencileri, her şeyi adım adım yapmaları konusunda uyarmıştır. Fakat öğrencilerden, 1. maddede öncelikle bir çizim yapmaları istenilmesine rağmen, grupların çoğunluğu bu maddeyi atlayıp hemen malzemeleri kullanarak lambayı nasıl yakacaklarını denemeye başlamışlardır. Bu denemelerinin sonucunda sınıftaki grupların hepsi doğru bağlantı şekillerine ulaşmışlardır.



Şekil 4.1 Öğrencilerin doğru devre bağlantısına ulaşmaları amacıyla düzenlenen Etkinlik 1'de her bir gruba verilen malzemeler

Şekil 4.2'de gösterilen iki bağlantı şekli etkinlik sonunda gruplarca cevap olarak verilmiştir. Bu doğru bağlantı şekillerinde bir grup her iki bağlantıyı, dört grup I. bağlantıyı, iki grup II. bağlantıyı kullanarak lambanın ışık vermesini sağladıklarını belirtmişlerdir.

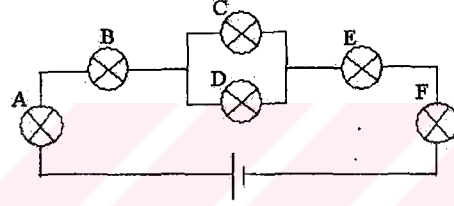


Şekil 4.2 Öğrencilerin etkinliğin sonunda çizmiş oldukları devre şekilleri

Bu etkinlik sonunda öğrencilerin doğru devre şekillerine ulaştıkları söylenebilir..

Etkinlik 2: Bu etkinlikte verilen üç farklı devre ile, öğrencilerin devre kurmayla ilgili olarak el becerilerini geliştirmeyi ve elektrik devrelerinin genel özellikleri konusunda fikirler edinmelerini sağlamak amaçlanmıştır.

Bu etkinliğin **birinci** kısmında, verilen devrede öğrencilerin lambaların parlaklığını büyükten küçüğe doğru sıralamaları ve verdikleri cevabı açıklamaları istenilmiştir. Bununla ilgili olarak birinci kısımda kullanılan devre Şekil 4.3'te, grupların verdiği yanıt ve açıklamalar ise Tablo 4.2'de sunulmuştur.



Şekil 4.3 Etkinlik 2'nin birinci kısmında kullanılan devre şekli.

Tablo 4.2 Etkinlik 2 – 1'de ki devre ile ilgili olarak grupların verdikleri yanıtlar ve açıklamalar.

	Yanıtlar	Açıklamalar
1. Grup	$A=F>B=E>C=D$	<ul style="list-style-type: none"> A ve F pile daha yakındır. B ile E' nin pile uzaklıkları eşittir. C ile D birbirine paralel olduğundan ışık şiddetleri eşittir
2. Grup	$A>B>C=D>E>F$	<ul style="list-style-type: none"> Akım + yönden geldiğinden A ve B pile daha yakındır bu yüzden daha parlaktır. C ve D paralel olduğundan akım eşit dağılır. E pile daha uzaktır bu yüzden az parlaktır.
3. Grup	$A>B>C=D>E>F$	<ul style="list-style-type: none"> Pillerin yönü + dan – ye geldiğinden pile yakındır. C ile D paralel olduğundan ışık şiddetleri eşittir.
4. Grup	$C=D>E=B=F=A$	<ul style="list-style-type: none"> E, B, F, A seri bağlı olduğundan eşit yanarlar. C, D paralel olduğundan daha çok yanar
5. Grup	$A=B>C=D>E=F$	<ul style="list-style-type: none"> A ve B seri olduğundan çok ışık verir. C ve D de akım ikiye bölündüğünden daha az yanar.
6. Grup	* $A=B=E=F>C=D$	<ul style="list-style-type: none"> A, B, E, F seri olduğundan akım eşittir. C ve D paralel olduğundan akım ikiye bölünür ve daha az yanar.
7. Grup	$C=D=A=F>B>E$	<ul style="list-style-type: none"> C ve D paraleldir çok ışık verir A ve F paraleldir çok ışık verir. C, D, A ve F eşit ışık verir. B, E den daha çok ışık verir çünkü + ya yakın.

* Doğru cevap

Gruplar düzeneği kurarlarken öğretmen arada dolaşarak onlara devreyi kurmalarında yardımcı olmaya çalışmaktadır. Bu sırada öğretmen 2. gruptaki öğrencilerin farklı bir devre kurduklarının farkına vararak bütün sınıfı bu grubun yaptığı devre şeklini görmeleri için çağırmıştır. Ardından öğrencilere bu devre ile ilgili olarak, akım ve direnç kavramlarını kullanarak akım ile direnç arasında ters orantılı bir ilişki olduğu şeklinde bir açıklamayı bütün sınıfa yapmıştır. Öğretmen ile ders sonrası yapılan görüşmede, yıllardır bu şekilde ders anlattığını ve farkında olmadan bu açıklamayı yaptığını bundan sonra daha dikkatli olacağını belirtmiştir.

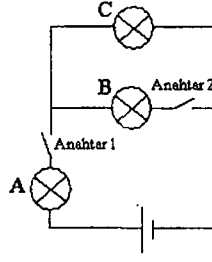
Gruplar deneyi yaptıktan sonra, lambaların parlaklık sıralamasının $A=B=E=F>C=D$ olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Deneysel sonuç ile yaptıkları tahmin arasında çıkan farklılığı açıklamalarının istenildiği son kısımda 7. grubun yaptığı açıklama, “ $A=B=E=F>C=D$ sonucu bu elektrik devresinde seri bağların daha fazla ışık verdiği görülür. Bir de ışığın pile yakınlık veya uzaklıkla bir ilgisi olmadığı görülüyor. Yani +’ ya yakın olan daha çok ışık vermez, bununla ilgisi yok”, 4. grubun yaptığı açıklama “seri bağlı devrelerde akım doğrudan gittiği için daha çok yanar. Paralel bağlı devrelerde akım 2’ ye bölündüğü için daha az yanar” şeklindedir. Diğer gruplarda da, genelde yapılan açıklamalar yaptıkları tahmin ve açıklamaların yanlış olduğu şeklindedir.

Süre: Ders 1 için geçen toplam süre 45 dk’dır. Etkinlik 1 için geçen süre 12 dk ve etkinlik 2 için geçen süre ise 33 dk olmuştur. Etkinlik 2’nin tamamı bu derste bitmemiştir. Bu etkinliğin geri kalanı 2. dersin başında yapılmıştır. Etkinlik 2’nin tamamı ile ilgili sonuçlar ders 1 içinde verilmiştir.

2. Ders

Etkinlik 2’nin 1. kısmında yarım kalan etkinliğin tamamlanmasından sonra aşağıda sunulan 2. kısma geçilmiştir.

Etkinlik 2’ nin 2. kısmında, öğrencilerden Şekil 4.4’te verilen devrenin iki farklı yerinde kullanılan anahtarların açık veya kapalı ve her iki anahtarını kapalı olması durumunda hangi lambaların ışık vereceğini ve ışık veren lambaların parlaklıklarını büyükten küçüğe doğru sıralamaları istenilmiştir.



Şekil 2

Şekil 4.4 Etkinlik 2'nin ikinci kısmında kullanılan devre şekli

Öğrencilerin günlük dili kullanmalarından kaynaklanabilecek bazı alternatif fikirlere sahip olduğundan daha önceki bölümlerde kısaca bahsedilmişti. Bu çalışma için yaptığımız pilot çalışma ve ön testten elde edilen veriler, anahtarların kullanılmasıyla ilgili olarak günlük dilden kaynaklanan “anahtar kapatıldığında lamba söner, açıldığında yanar” şeklinde alternatif fikirleri olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

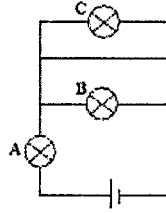
Etkinliğin başında, grup içi öğrenci tartışmaları sonucunda, anahtarlarla ilgili alternatif fikirlere sahip öğrencilerin bu fikirlerini terk ettikleri gözükmemektedir. Çünkü öğrencilerin tamamı;

- Sadece ana koldaki anahtar (anahtar 1) açıkken hiçbir lambanın yanmayacağını, kapalıyken devrenin tamamlanacağını ve A, C lambalarının yanacağını;
- Paralel kolda bulunan anahtar (anahtar 2) açık iken yanındaki lambanın yanmayacağını, anahtar 2 kapalı olsa bile devrenin tamamlanmamasından dolayı hiçbir lambanın yanmayacağını ifade etmişlerdir.

Öğrencilerin yaptıkları açıklamalar doğru olmasına rağmen, kendini ifade edemeyen veya grubun verdiği cevabı kabul etmese de çoğunluğun fikrine uymuş öğrenci olabileceği düşüncesinden hareketle, deneysel çalışmalar her bir grup tarafından yapılmıştır. Sonuçta öğrenciler yaptıkları açıklamaların deneysel sonuçlarla uyduğunu ifade etmişlerdir.

Etkinlik 2'nin 3. kısmında Şekil 4.5'te verilen devrede, öncelikli amaç yukarıda da bahsettiğimiz gibi öğrencilerin el becerilerini geliştirmeleri ve devrelerin çalışma mantığı ile ilgili fikirler edinmeleridir. Bu etkinlikteki bir alt amaç da, direnç

kavramına doğrudan olmasa da dolaylı olarak bir giriş yapmaktır. Bunun için burada Şekil 4.5'teki devre kullanılmıştır.



Şekil 4.5 Etkinlik 2'nin üçüncü kısmında kullanılan devre şekli

Bu devre ile ilgili olarak öğrencilerin genelde verdikleri cevap $A > B = C$ şeklindedir. Yapılan açıklamalarda ise “A lambasından geçen akım üçe ayrılır bu yüzden en parlak A’ dır. B ve C eşittir”, “A lambasından geçen akım ikiye ayrılır, yarısı B ye gider daha sonra diğer yarısı C’ ye gider” şeklindedir. Gruplar devreyi kurduktan sonra B ve C lambalarının yanmadığını görünce öncelikle bir bağlantı kopukluğu olup olmadığı veya “devreyi yanlış mı kurduk” şeklinde kendi aralarında tartıştıktan sonra devreyi tekrar kurdular. Değişen bir şey olmadığını gözleyince, bütün sınıf bu işte bir yanlışlık olduğunu ifade etti. Gruplardan deneysel sonuç ile cevaplarının uyuşmamasının nedenini arkadaşlarıyla tartışmaları ve kendilerine dağıtılan kağıtlara yeni bir açıklama yapmaları istenilmiş ve ardından bu kağıtlar toplandıktan sonra bir sonraki etkinliğe geçilmiştir. Öğrencilerin bu etkinlikle ilgili yaptıkları açıklamalar incelendiğinde;

- Verdiğimiz cevapla yaptığımız deney sonucu bir birine uymuyor. A yanıyor B ve C yanmıyor (3, 4 ve 7. gruplar);
- Elektrik daima direnci küçük olan kısa yolu seçer. Bunun için ortadaki telden geçerken kısa devre yapar. B ve C yanmaz (1 ve 6. gruplar);
- Verdiğimiz cevapla yaptığımız deney sonucu bir birine uymuyor. Çünkü gelen akımı iletken tel doğrudan A lambasına iletiyor. B ve C lambası yanmıyor (5. grup).

1 ve 6. grupların verdikleri cevaplarla ilgili olarak yapılan görüşmelerde, bu açıklamayı öğretmenin yaptığını ifade etmişlerdir. Her iki gruptaki öğrenciler de “B ve C lambalarının yanmaması çok tuhaf bir durumdu. Öğretmenimiz kurduğumuz deneyi kontrol etmeye geldiğinde, bu sonucun neden böyle olduğunu çok merak ettiğimizi ve bize açıklamasını istedikten sonra bize kağıda yazdığımız ifadeyi söyledi biz de yazdık” açıklamasını yapmışlardır.

Böyle bir olumsuzluk karşısında araştırmacı ile öğretmen arasında yapılan görüşmeler sonucu bundan sonra yapılacak etkinliklerle ilgili öğretmenin ders sırasında dikkat etmesi gereken hususlar bir kez daha vurgulanmıştır. Aşağıda öğretmen ile yapılan görüşmeden kısa bir kesit verilmiştir.

“Ders sırasında sizden tek isteğim, yapılacak olan etkinlikleri her grubun sağlıklı bir şekilde gerçekleştirmesini sağlamaktır. Uygulamaya çalıştığımız öğretimde, her kavramın belli bir veriliş sırası var, burada yapılanların sağlıklı bir değerlendirmesi için bu sıraya uymamız gerekiyor. Etkinlikte bulunmayan herhangi bir kavram veya açıklamayı yapmazsanız iyi olur”.

Bölüm 2

Bu bölüm, potansiyel farkı ve akım kavramlarının hem nitel hem de nicel olarak sunulduğu kısımdır. Bu bölümün sonunda; öğrencilerin;

- Potansiyel farkı ve akım kavramlarının ne anlama geldiğini;
- Voltmetre ve ampermetreler kullanarak potansiyel farkı ve akım değerlerinin nasıl ölçüldüğünü;
- Aynı pilin kullanıldığı farklı devrelerde pilin potansiyel farkının sabit kalırken, devreye sağladığı akım değerinin her seferinde değiştiğinin farkına varacakları düşünülmektedir.

Etkinlik 1: Öğrencilerin potansiyel farkı birimi olan volt ve pillerin devredeki rolü ile ilgili fikirlerini elde etmek amacıyla yapılan bu etkinliğe aşağıdaki sorular sorularak başlanılmıştır.

1. Pilin üzerinde yazılı V (Volt) kelimesi size göre ne anlama geliyor, kısaca açıklayınız.
2. Pilin devredeki rolü nedir, kısaca açıklayınız.

İlk sorudan elde edilen veriler aşağıda sunulmuştur.

- Pilin sahip olduğu güce denir (1. grup).
- Pilin akım şiddetinin ne kadar olduğunu gösterir (4. grup).
- Akımın ne kadar güce sahip olduğunu gösterir (2. grup).
- Pilin gücünü, yani enerjisini gösterir; 1 volt, 2 volt. Ne kadar enerjiye sahip olduğu anlamına gelir (7. grup).

- Pilde ne kadar potansiyel farkı birimi olduğunu anlıyoruz (5. grup).
- Pilin sahip olduğu enerji miktarıdır (3, 5. gruplar)

Yukarıdaki ifadelerden de anlaşılacağı üzere, öğrencilerin çoğunluğu volt' u, akım, enerji veya güç kavramlarının bir özelliği olarak görmektedirler.

İkinci soruda ise, öğrencilerin büyük bir çoğunluğu, pilin devreye akım (veya enerji) verdiğini ve lambaların yanmasını sağladığını ifade etmektedirler.

Etkinlik 1'in sonunda öğretmen tarafından potansiyel farkı kavramı, piller içinde meydana gelen olaylar anlatılarak sunulmaya çalışılmıştır. Bu açıklama, potansiyel farkı kavramı ile ilgili yapılan ilk açıklama olup aşağıda görüldüğü gibidir [46].

(Pillerin içinde kimyasal reaksiyonlar olur. Bu reaksiyonlara göre pilin içinde yük ayrışması meydana gelir. Pozitif yüklerin bir çoğu pilin bir ucunda birikir ve bu uç "pozitif uç (+)" olarak isimlendirilir. Negatif yükler de bir diğer uçta toplanırlar ve bu uç "negatif uç (-)" olarak isimlendirilir. Potansiyel farkı pilin uçlarının her ikisi üzerindeki yük toplanmasıyla doğru orantılıdır. Yük toplanma farkı ne kadar büyükse pilin uçları arasındaki potansiyel farkı da o kadar büyük olur).

Yukarıdaki açıklamanın ardından potansiyel farkı ölçmek amaçlı kullanılan voltmetreler öğretmen tarafından sınıfa sunulmuştur.

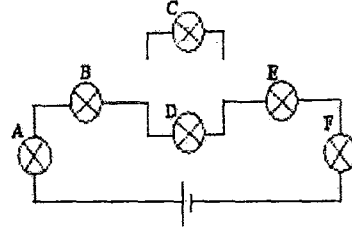
Ders 2, bu etkinliğin sonunda tamamlanmıştır.

Süre: Ders 2 için geçen toplam süre 90 dk dır. Bu sürenin paylaşımı;

- Bölüm 1 etkinlik 2'nin 1. kısmının geri kalanı: 15 dk,
- Etkinlik 2'nin 2. kısmı: 25 dk,
- Etkinlik 2'nin 3. kısmı: 30 dk,
- Bölüm 2 etkinlik 1: 20 dk dır.

3. Ders

Etkinlik 2: Bu etkinlikte öncelikle öğrencilerin 1.5 V' lik kuru piller ve güç kaynaklarının potansiyel farkını ölçmeyi, sonrasında Bölüm 1 etkinlik 2'nin birinci kısmında kullandıkları devreyi tekrar kurmaları, pilin, her bir lambanın ve iletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçmeleri ve gözlem sonuçlarını tartışmaları istenmiştir. Ardından devredeki C lambasını yerinden çıkartarak oluşan yeni şekilde (Şekil 4.6) pilin, her bir lambanın ve iletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçmeleri ve gözlem sonuçlarını tartışmaları sağlanmıştır.



Şekil 4.6 Bölüm 2 - Etkinlik 2’de kullanılan devre şekli.

Etkinliğin sonunda, öğrencilerin voltmetrelerle ilgili olarak bir devrede istenilen iki uç arasındaki potansiyel farkını ölçebilecekleri devrede yapılan bir değişiklik sonundan pilin potansiyel farkı sabit kalırken, lambaların parlaklıklarının değiştiğinin farkına varacakları düşünülmektedir.

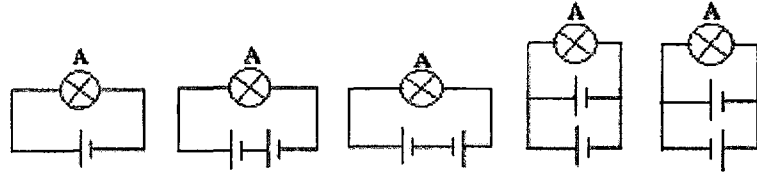
Öğrenciler ölçümlerini aldıktan sonra yaptıkları açıklamalarda, iletken tellerin potansiyel farkının sıfır olduğunu ifade etmişlerdir. Pilin potansiyel farkının sabit kaldığı konusunda herhangi bir açıklama yapmamışlardır.

Bu etkinlik sonunda pillerle ilgili ikinci bir açıklama öğretmen tarafından aşağıdaki şekilde yapılmıştır [46].

(Kimyasal reaksiyonlar sonucunda pillerin içinde kimyasal enerji depolanır. Bu kimyasal enerji, kapalı bir devrede yük akışı olduğunda pilin uçları üzerindeki yük toplanma farkını korumada kullanılır ve böylelikle pilin uçlarındaki potansiyel farkı sabit kalmış olur).

Tasarlanan öğretim planında öğretmenin bu açıklamayı yaptıktan sonra bir diğer etkinliğe geçmesi gerekirken kendisi bu açıklamanın sonunda ek bir açıklama yapmıştır. Bu açıklama “ama bunun yanında siz bir pil taktığınızda diyelim ki, 1.5 volt veya 2 voltu, iki pil taktığınızda yine 4 volt’ u, üç tane taktığınızda 6 Volt’ u, pil sayısı çoğaldıkça potansiyel farkında arttığını göreceksiniz” şeklindedir. Ders bitince, öğretmenle yapılan görüşmelerde, farkında olmadan bu açıklamayı yaptığını ve bundan sonra daha dikkatli olacağını belirtmiştir.

Etkinlik 3: Lambaların ışık verip vermemesinin, pillerin ve sonuç olarak lambaların belli bir potansiyel farkı değerine sahip olması gerekliliğine ve pillerin bağlantı şeklinin önemli olduğu fikrine öğrencilerin ulaşabilmeleri için bu etkinlik düzenlenmiştir. Öğrencilerin, potansiyel farkı kavramını hem nitel hem de nicel olarak iyice anlayabilmeleri için gerçekleştirilen bu etkinlik 5 kısımdan oluşmaktadır. Sırasıyla her bir kısımda kullanılan devre bağlantısı Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Bölüm 2 - Etkinlik 3'te kullanılan devre şekilleri.

Kullanılan pil ve lambaların hepsinin özdeş olduğu bu etkinliğin;

- Birinci kısımda, bir pil ve bir lamba;
- İkinci kısımda, birbirine seri bağlanmış iki pil ve bir lamba;
- Üçüncü kısımda, birbirine ters ve seri olarak bağlanmış iki pil ve bir lamba;
- Dördüncü kısımda, birbirine paralel iki pil ve bir lamba;
- Beşinci kısımda, birbirine ters ve paralel olarak bağlanmış iki pil ve bir lambadan oluşan devreler kullanılmıştır.

Öğrencilerden pillerin ve lambanın potansiyel farkını ölçmeleri ve ölçüm sonuçlarını arkadaşlarıyla tartışmaları istenilmiştir.

Öğretim öncesinde uygulanan ön testteki 2. sorudan elde edilen verilerde öğrencilerin genellikle, “pil sayısı ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu”, “seri veya paralel bağlı olan pillerde lambaların daha parlak olacağı” şeklinde fikirlere sahip oldukları görülmüştür. Etkinlikte öğrencilerden her bir kısımdaki devreyi kurmadan önce lambanın parlaklığı ile ilgili tahmin ve açıklamalarını yapmaları, bu açıklamayı sınıfa sunduktan sonra devreyi kurup görüşlerini test etmeleri ve yeni bir açıklama yapmaları istenmiştir. Fakat öğrenciler tahminlerini yapmadan devreyi kurmaya yöneldiler ve öğretmen de bir anda etkinlik sırasını unutarak deney sonuçlarını açıklamalarını istemiştir. 4. kısmın sonunda, öğrencilerin yaptıkları tahminleri sınıfa sunmalarını isteyeceğini fark eden öğretmen, öğrencilere ilk üç devrede devreleri kurmadan önceki tahmin ve açıklamalarını kendilerine dağıtılan kağıtlara yazmalarını istemiştir. Ders sonunda toplanan bu kağıtlarda görülmüştür ki, öğrenciler tahminlerini değil deney sonunda çıkan sonucu bu kısma yazmışlardır. Hatta önceden tahmin yapanların bile bunları silip doğru cevabı yazdıkları kağıtlarındaki izlerden anlaşılmıştır.

Bütün gruptaki öğrenciler etkinlik sonunda,

- Devreye piller tarafından sağlanan potansiyel farkı değeri iki katına çıktığında lambanın parlaklığının iki katına çıktığı (2.kısım);
- Potansiyel farkı değeri sıfır ise lambanın ışık vermediği (3. kısım);
- Paralel bağlı pillerin toplam potansiyel farkının tek pilin potansiyel farkına eşit olduğunu bu yüzden de lambaların aynı parlaklıkta yandığı (4. kısım);
- Paralel fakat ters bağlı pillerin toplam potansiyel farkının sıfır olduğunu ve bu yüzden lambanın ışık vermediği (5. kısım) fikirlerine ulaşmışlardır.

Her bir sonuç öğretmen tarafından da birkaç defa tekrar edilerek sınıfa sunulmuştur.

Etkinlik 4: Potansiyel farkı kavramı öğrenciler tarafından iyice anlaşıldıktan sonra, bu kısımdaki etkinlik akım kavramının sunulduğu bir giriş aşamasıdır. Bu etkinlikte öncelikle, öğrencilerden tek pil ve lambadan oluşan bir devrede lambanın ışık verme sebebinin ne olduğu konusunda açıklama yapmaları istenilmiştir. Grup olarak öğrencilerin yaptıkları açıklamalar aşağıda sunulmuştur.

- 1. grup: *Devrenin eksiksiz bir şekilde tamamlanmasından dolayı lamba ışık verir.*
- 2. grup: Üç öğrencinin bulunduğu bu grupta her bir öğrenci farklı görüş belirtmiştir. Bunlar “akım (+) yönde hareket ettiği için ve devre tamamlanmış olduğu için yanar”, “çünkü pildeki 1.5 V’ lik elektrik akımı (+) yönden dolaşır. Bu yüzden lamba yanar”, “Akım + yönde hareket eder. Pilin sağladığı potansiyel farkından dolayı yük akışı olur. Bu yük sayesinde lamba ışık verir” şeklindedir.
- 3. grup: *Pilin (+) ve (-) yönünden gelen enerji lambanın yanmasını sağladı. Eğer bir ucundaki enerji gelmezse lamba yanmaz.*
- 4. grup: *Pilin (+) ve (-) yüklerine bağlanması sonucu elektrik akımı geçer ve ışık verir.*
- 5. grup: *Devre tamamlanıyor. Pilde bulunan akım lambadan geçtiği için lamba yanar.*
- 6. grup: *Devre tamamlanıyor. Düzenli potansiyel farkı olduğu için lamba yanar.*
- 7. grup: *Pilin (+) ve (-) kutuplarından gelen potansiyel farkı lambanın yanmasını sağlar. Eğer üreteçte potansiyel farkı olursa lamba ışık verir.*

Öğrenciler açıklamalarını yaptıktan sonra **akım** kavramı ile ilgili olarak aşağıdaki ifade öğretmen tarafından sınıfa sunulmuştur.

(Pilin sağladığı potansiyel farkı sayesinde devrede düzenli bir yük akışı oluşmaktadır ve bu yükün akış hızının ölçüsü akım olarak isimlendirilmektedir)

Etkinliğin devamında ise, elektrik akımıyla ilgili olarak, öğrencilerin fikirlerinin ne olduğu ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Öğrencilere elektrik akımı ile ilgili olarak sunulan 5 ifadeden (Şekil 4.8) hangisinin ya da hangilerinin doğru olduğunu seçerek arkadaşlarıyla tartışmaları ve daha sonra seçtikleri ifadeyi sınıfa sunmaları istenilmiştir. Grupların seçtikleri ifadeler aşağıda sunulmuştur.



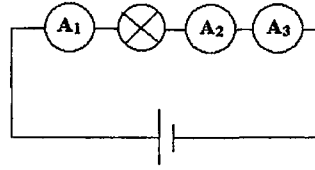
Şekil 4.8 Bölüm 2 - Etkinlik 4' ün ikinci kısmında kullanılan devre şekilleri.

1, 2, 3, 4 ve 6. gruplar İfade 4' ü, 5. grup hem İfade 1 hem de İfade 4' ü, 7. grup hem İfade 2 hem de İfade 3' ün doğru olduğunu belirtmişlerdir.

Öğretmen tarafından öğrencilerin verdikleri cevapların doğru veya yanlış olduğu konusunda herhangi bir açıklama yapılmamıştır.

Etkinliğin sonunda elektrik akımı ölçmede kullanılan ampermetreler öğretmen tarafından sınıfa sunulmuştur

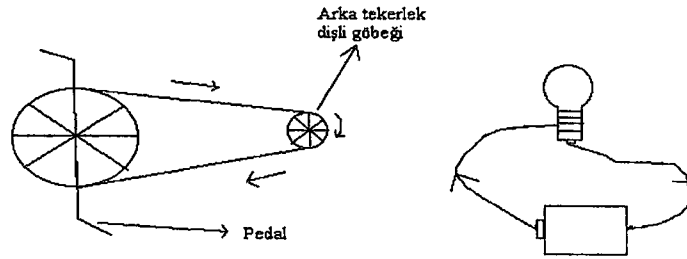
Etkinlik 5: Öğrencilerin çoğunluğunun öğretim öncesinde sahip olduğu, akımın devre elemanlarınca harcanması fikrine meydan okumak için düzenlenen bu etkinlikte bilişsel çatışma tekniği kullanılmıştır. Bir lamba, bir pil ve üç ampermetrenin kullanıldığı Şekil 4.9'daki devrede lambanın sağ yanına iki (A_2 ve A_3), sol yanına ise bir (A_1) ampermetre bağlanarak, öğrencilerden A_1 ampermetresinden geçen akım değeri 0.06 A ise A_2 ve A_3 ampermetrelerinden geçen akım değerinin ne olabileceğini tahmin etmelerini ve cevaplarını kısaca açıklamaları istenilmiştir.



Şekil 4.9 Bölüm 2 - Etkinlik 5'te kullanılan devre şekli.

Bütün gruplar cevap olarak, her iki ampermetrenin de 0.06 A değerini göstereceğini ileri sürmüş ve neden olarak “çünkü devre seri olduğundan akım değeri her yerde aynıdır” ifadesini kullanmışlardır. Ardından deney düzeneğini kurup ölçüm aldıktan sonra yaptıkları tahminlerinin doğru olduğunu ifade etmişlerdir.

Bu etkinlikten sonra öğretmen tarafından bisiklet analogisi [62, 63] aşağıdaki Şekil 4.10'da gösterildiği biçimde tepegözden sınıfa sunulmuştur.



Şekil 4.10 Bölüm 2 - Etkinlik 5'in sonunda bütün sınıfa öğretmen tarafından sunulan benzetme

Bu benzetmede;

bisikletin pedalı	→	pile,
zincirin dönmesi	→	akıma,
zincirler	→	iletken tele,
arka tekerlek dişli göbeği	→	lambaya

benzetilmiştir.

Şekil 4.10'un sunulmasının ardından öğretmen tarafından aşağıdaki açıklama yapılmıştır.

(Burada olay sadece bir benzetmedir, birebir anlamda tamamıyla bir bisiklet pedal sistemi ile elektrik devresi birbirinin aynısı değildir. Sizler, elektrik devresinin çalışmasını daha iyi anlayasınız diye böyle benzetme yoluna başvurulmuştur.

Eğer bisikletin pedalını çevirmezsek arka tekerlek dişli göbeği dönmeyecektir. Elektrik devresinde de pili devreye bağlamazsak lamba yanmaz. Zincirlerde herhangi bir problem olduğunda örneğin zincir koptuğunda pedala çevirsek de arka tekerlek dişli göbeği dönmeyecektir. Devrede de iletken tellerde bağlantı kopukluğu olduğunda pil devreye bağlı olmasına rağmen lamba yanmayacaktır.

Bisikletin pedalını çevirdiğimiz anda zincirin bütün halkaları ve arka tekerlek dişli göbeği de aynı anda, aynı hızda ve aynı yönde dönmektedir. Elektrik devresinde de akım devrenin her yerinde aynı değerde ve aynı yöndedir).

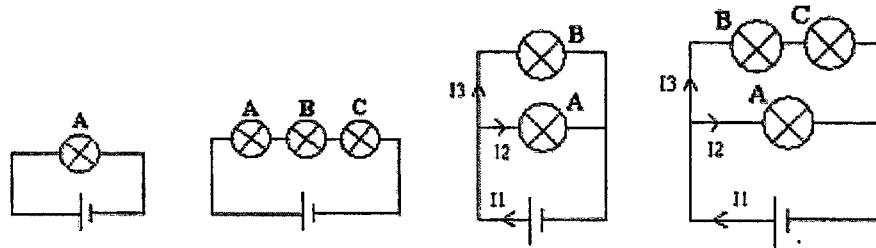
5. etkinliğin sonunda verilen yukarıdaki açıklama ile 3. ders tamamlanmıştır.

Süre: Ders 3 için geçen toplam süre 90 dk'dır. Bu sürenin paylaşımı;

- Bölüm 2 Etkinlik 2 için geçen süre: 20dk,
- Etkinlik 3 için geçen süre: 30 dk,
- Etkinlik 4 için geçen süre: 25 dk,
- Etkinlik 5 için geçen süre: 15 dk dır.

4. Ders

Etkinlik 6: Bu etkinlikte, her seferinde aynı pilin kullanıldığı dört farklı devre şeklinde (Şekil 4.11), pillerin devrede sabit akım kaynağı değil sabit potansiyel farkı kaynağı olduğunu [34, 48] göstermek amaçlanmıştır.



Şekil 4.11 Bölüm 2 - Etkinlik 6'da kullanılan devre şekilleri.

Öğrenciler, devreye seri olarak özdeş iki tane lamba daha eklendiğinde, lambanın parlaklığının ve potansiyel farkı değerinin değişmeyeceğini ifade etmişlerdir. Sebep olarak ise, devrede dolanan akımın değerinin değişmeyeceğini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca devrede her üç lambanın da potansiyel farkının eşit, değerinin de pilinkine eşit olduğunu ve devreden geçen akım değerinin her iki durumda da aynı olduğunu belirtmişlerdir. Yani öğrenciler, devrede yapılan değişiklik sonucunda pilin devreye verdiği akım değerinin değişmediğini düşünmektedirler.

Devre kurulduktan sonra öğrenciler, ilk devredeki lambanın parlaklığının azaldığını, ölçümler alındıktan sonra ise, lambanın potansiyel farkı değerinin ve ana kol akımının azaldığını ifade etmişlerdir. 6. gruptaki öğrencilerin A lambasının parlaklığının azalma sebebi olarak yaptıkları açıklama, “lambanın parlaklığı 1/3 üne iniyor yani azalıyor. Ana koldan geçen akımı eşit olarak bölüşürler ve parlaklığı azalır” şeklindedir. Öğrenciler ön testte, “akımın lambalar tarafından paylaşılması” şeklinde bir görüş ileri sürmemişlerdir. Fakat burada lambanın parlaklığının azaldığını görünce böyle bir açıklama yapma gereği duymuşlardır. Ana kol akımının sabit olduğunu fakat bu akımın lambalar tarafından paylaşıldığını söyleyen bu öğrencilere, lambalar arasına da birer ampermetre koymalarını ve ana koldan gelen akımla lambalar üzerinden geçen akım değerlerini karşılaştırmaları istenilmiştir. Sonuçta bütün ampermetrelerden geçen akım değerinin aynı olduğunu gören öğrenciler akımın paylaşılmadığını ana koldan geçen akım değerinin azaldığını görünce bu düşüncelerinin yanlış olduğunu ifade etmişlerdir.

Ana kol akımının azaldığını ölçümler sonucunda gören bütün gruptaki öğrencilerden bunun sebebini açıklamalarını istenmiştir. Öğrenciler genel olarak “lamba sayısını arttırdığımızda akım azalıyor” ifadesini kullanmışlardır. Fakat öğretmen bu ifadeyi “yani devrenin direnci arttıkça akım azalır” şeklinde genelleme yaparak sınıfa sunmuştur. Burada verilen kağıtta direnç kavramı olmamasına rağmen öğretmenin bu kavramı kullanmış olması; öğrencilerin akım için yaptıkları tahminleri ile deneysel sonuç arasında fark varsa açıklamalarında genelde “akımın azalma sebebi devrenin direncinin azalmasıdır” şeklinde ifadeler kullanmalarına sebep olmuştur.

Ayrıca öğrencilere, A lambasına özdeş B lambası paralel bağlandığında, A lambasının parlaklığının, ana koldan geçen akımın ve pil ve lambanın potansiyel

farkının nasıl değişeceği sorulmuştur. Öğrenciler genellikle, pilden gelen akımın aynı olduğunu ve lambalar paralel olduğu için üzerlerinden geçen akımın ana kol akımının yarısı olacağından A lambasının parlaklığının azalacağını ifade etmişlerdir. Ayrıca öğretmen, öğrenciler açıklama yaparken onlara “yani paralel bağlıyken size göre devrenin direnci artıyor mu azalıyor mu” Şeklindeki soruyu öğretim planında olmamasına rağmen sormuştur. Eşdeğer direnç kavramını bilmedikleri için öğrenciler böyle bir soruyu bu aşamada cevaplayamamıőlardır. Zaten öğrenciler de “bilmiyoruz öğretmenim” diyerek soru için herhangi bir yorum yapamamışlardır.

Öğretmen, ölçümler alındıktan sonra tahminleri ile elde ettikleri deneysel sonuçların farklı olduğunu gören öğrencilere, bunun sebebinin ne olduğunu sorup görüşlerini alması gerekirken dalgınlıkla bir sonraki kısma ait devreye geçerek tahmin ve açıklamalarını yapmalarını istemiştir.

Üçüncü kısımda ise, bir önceki aşamada kullanılan devredeki B lambasının yanına C lambası seri bağlanarak oluşturulan yeni devrede öğrencilerden, A lambasının parlaklığının nasıl deęiőeceęini, her bir lambanın ve pilin potansiyel farkı değerlerinin ve ana kol ile paralel koldaki akım değerlerinin ne olacağını tahmin etmeleri ve tahminlerini açıklamaları istenilmiştir. Fakat öğretmen öğrencilere “haydi çocuklar Şimdi son Şekildeki devreyi kuralım ve ölçümler alalım” diyerek bu kısma baőladıęından gruplar tahminlerini yapmadan devreyi kurarak ölçüm almaya çalışmışlardır. Öğrencilerin bu devreyi kurarken, üç tane ampermetreyi de aynı anda devreye bağlayıp aynı anda akım ölçmeleri istenildiğinden öğrencilerin ampermetreleri devreye bağlarken olduğa zorlandıkları gözlenmiştir. Ayrıca devreye üç ampermetre ve üç lamba bağlıyken bir de voltmetre ile ölçümler almaları istenildiğinden lambaları bağlamada bir sorun yaőamayan öğrencilerin ölçü araçlarını bağlamada sorunla karşılaştıkları görülmüştür.

Öğretmen öğrencilerin devreyi kurmada zorlandıklarını görünce sırayla her gruba yardım ederken sürenin çok geğtiğini fark edince sadece bir grubun yaptığı devreyi sınıfa sunarak alınan ölçüm değerlerini göstermiştir.

Ardından öğretmen bu etkinlikte kullanılan dört devrede de aynı pilin kullanıldığını fakat hepsinde de farklı devre Şekillerinin olduğunu belirterek her seferinde pilin potansiyel farkı sabit kalırken pilin devreye verdiği akım miktarının deęiőtiięini ifade etmiştir.

Etkinlik 6'nın sonunda öğretmen tarafından yapılan pillerle ilgili 3. açıklama aşağıdaki gibidir [46].

(Yapılan bu Etkinlik 6'da görüldüğü gibi pillerin uçlarındaki potansiyel farkı aynı iken akım değerleri birbirinden farklı olabilmektedir. Bunun nedeni pilin içinde meydana gelen kimyasal reaksiyonların farklı oranlarda olmasıdır. Aynı pilin kullanıldığı farklı devre bağlantılarında, pilin potansiyel farkı sabit kalırken devredeki akım azalabilir veya artabilir).

Öğrencilerin, pilin devrede sabit akım kaynağı değil, sabit potansiyel farkı kaynağı olduğunun farkına varmalarını amaçlayan bu etkinliğin sonunda tam olarak bunun gerçekleştirildiğini söylemek mümkün değildir. Çünkü,

- Kullanılan bu dört devrede de bir çok akım ve potansiyel farkı değeri ölçmek öğrencilerin kafasını karıştırmıştır. Bunun yerine sadece ana kol akımını ve pilin potansiyel farkını ölçtürmek yeterli olabilirdi.
- Devrelerde birkaç ölçüm alınmak istenilmesi, bu etkinlikle ulaşılmak istenilen hedeften uzaklaşılmasına sebep olmuştur. Her bir devre arasında geçen zaman uzun olduğundan öğrenciler sanki birbirinden bağımsız devreler üzerinde ölçümler alıyorlarmış hissine kapılmışlardır.
- Öğretmenin, her bir devrede öğrencilerin tahmin ve açıklamalarını almadan doğrudan ölçümler aldırması da, grupların sahip oldukları fikrin ve diğer grupların fikirlerinin ne olduğunun farkına varmamalarına sebep olmuştur.

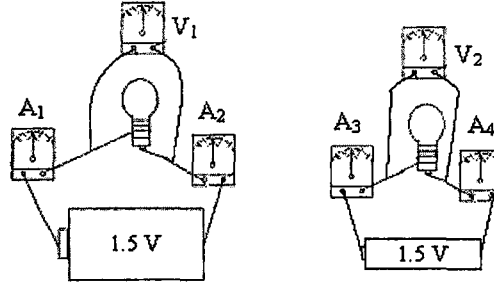
Bölüm 3

Bu bölüm, kavramlar arasındaki farkları ortaya koymak [47] amacıyla düzenlenmiş etkinlikleri içermektedir. Bu etkinlikler,

- Potansiyel farkı – enerji,
- Potansiyel farkı – akım kavramlarını birbirinden kolaylıkla ayırt etmede öğrencilere yardımcı olacak şekilde dizayn edilmişlerdir.

Etkinlik 1: Bu etkinlikte, potansiyel farkı - enerji kavramları arasındaki farkı ortaya koymak amaçlanmıştır. İki özdeş lambaya bağlanmış 1.5 V' lik biri büyük diğeri küçük iki tane pil kullanılarak oluşturulan şekil 4.12'deki iki devrede

öğrencilerden lambaların parlaklığını ve piller bitene kadar beklenilseydi hangi pilin daha çabuk biteceğini tahmin etmeleri ve tahminlerini doğrulamaları istenilmiştir. Ardından öğrencilerden devreleri kurmaları ve yaptıkları tahminlerini gözlemleriyle karşılaştırmaları istenilmiştir. Ayrıca her iki devrede de lambaların her iki yanına birer ampermetre yerleştirilerek, öğrencilerin devrede akımın lamba tarafından harcanmadığını bir kez daha görmelerine olanak sağlanmak istenmiştir.



Şekil 4.12 Bölüm 3 - Etkinlik 1’de kullanılan devre şekilleri.

Burada amaç potansiyel farkı – enerji kavramları arasındaki farkı ortaya koymak iken öğrencilerden akım ve potansiyel farkını ölçmelerinin istenilmesi asıl vurgulanmak istenilen fikirden biraz olsun uzaklaşılmasına sebep olmuştur. Çünkü öğrenciler bu etkinlikte öncelikli olarak ölçüm yapmaya yönelerek sanki bu devrede amaç buymuş gibi bir izlenime kapılmışlardır. Bu yüzden bu etkinlikte öğrencilerden ampermetre ve voltmetre ile ölçümler almalarının istenilmesi, gereksiz bir durum olarak ortaya çıkmıştır.

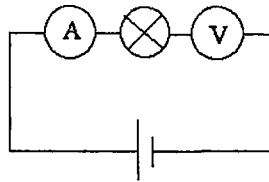
Grupların lambaların parlaklığı ve hangi pilin daha önce biteceği ile ilgili yaptıkları tahmin ve açıklamalar aşağıda sunulmuştur.

- 1. Grup: “Küçük pilin potansiyel farkı küçük olduğu için daha fazla yanar”, “küçük pil daha çabuk biter”.
- 2. Grup: “Büyük pile bağlı lamba daha parlak yanar”, “küçük pil daha çabuk biter”.
- 3. Grup: “Her iki lamba da aynı parlaklıkta yanar. Çünkü piller 1.5 V’ dir”, “pillerin V miktarı ikisinde de 1.5 V olduğundan her ikisi de aynı zamanda biter. Pillerin büyük ya da küçük olması fark etmez”.
- 4. Grup: “İkisi de aynı yanar. Çünkü ikisinin voltu da 1.5’ dir”, “büyük olan daha önce biter. Çünkü hacmi büyük olandan daha çok elektron kopar”.

- 5. grup: “İkisi de eşit yanar. Çünkü akım 2 devrede de aynıdır”, “ikisi de aynı biter. Çünkü 2 pilde de 1.5 volt akım bulunduğu için”.
- 6. Grup: “Parlaklıkları aynıdır”, “ eşit sürede biterler”.
- 7. Grup: “Eşit yanar. Çünkü potansiyel farkı aynıdır. Her iki pilde de 1.5 V vardır”, “küçük olan pil daha önce biter”.

Yukarıda da görüldüğü gibi öğrencilerin büyük bir çoğunluğu her iki lambanın da aynı parlaklıkta yanacağını belirtmişlerdir. Öte yandan, pillerin bitme süreleri konusunda öğrencilerin fikirleri birbirinden farklıdır. 3 grup küçük pilin, 1 grup büyük pilin daha önce biteceğini ve 3 grup ise iki pilin de aynı sürede biteceğini ifade etmişlerdir. Pillerin bitme süreleri boyunca her iki devreyi de gözlemleyen öğrenciler küçük pile bağlı olan lambanın parlaklığının giderek azaldığını bu arada büyük olana bağlı lambada bir değişiklik olmadığını ifade etmişlerdir. Bir süre sonra küçük pile bağlı lambanın söndüğünü ve belli bir zaman sonra büyük pile bağlı lambanın da söndüğünü gözlemleyen öğrencilerden bu durumu açıklamaları istenilmiştir. Öğrencilerin, potansiyel farkları eşit olmasına rağmen pillerin boyutuyla bitme süreleri arasındaki doğru orantılı ilişkiyi bu etkinliğin sonunda gözlemlenmelerine rağmen bu duruma bir açıklama getirememişlerdir. Burada öğretmen sınıfa deneyin sonucuyla ilgili olarak bir açıklama yapmıştır. Bu açıklama “küçük pilin daha çabuk bittiğini gözlemlediniz. Bunların akımları ve potansiyel farkları aynı olmasına rağmen pillerin içindeki enerjileri farklı olduğu için küçük pil daha çabuk bitti” biçimindedir.

Etkinlik 2: Potansiyel farkı – akım kavramlarının birbirinden farkını ortaya koymanın amaçlandığı bu etkinlikte kullanılan devrede (Şekil 4.13) bir tane voltmetre, bir lamba ve bir ampermetre seri olarak bağlanmıştır. Öncelikle öğrencilerden verilen bu devrede, lambanın yanıp yanmayacağı, ampermetre ve voltmetrenin ibrelerinin sapıp sapmayacağı konusunda tahmin ve açıklama yapmaları istenilmiştir.



Şekil 4.13 Bölüm 3 - Etkinlik 2’de kullanılan devre şekli.

Öğretmen öğrencilerden lambanın yanıp yanmayacağı konusunda tahminde bulunmaları ve açıklamalarını yazmalarını istedikten bir süre sonra öğrencilerin görüşlerini almayı unutup devreyi kurmalarını istemiştir. Öğrencilere dağıtılan kağıtta, sadece 7. grup lambanın yanacağını, ampermetre ve voltmetrorenin ibrelerinin sapacağını ifade etmiştir. Sebep olarak ise, devreden geçen akımı göstermişlerdir. 6. grup dışında diğer gruplar lambanın yanmayacağını belirtip, herhangi bir açıklama yapmamışlardır. Ampermetre ve voltmetrorenin ibrelerinin sapıp sapmaması ile ilgili kısma ise deney sonucunu yazmışlardır. Öte yandan 6. grup, lambanın yanmayacağını belirterek sebep olarak, “voltmetre devreye paralel bağlanır ama devrede voltmetre seri bağlanmıştır bunun için yanmaz” ifadesini ileri sürmüşlerdir. 6. grup ampermetre ve voltmetre için ise “ampermetrenin değişmez, voltmetre ise pildeki potansiyel farkı gösterir” ifadesini kullanmışlardır.

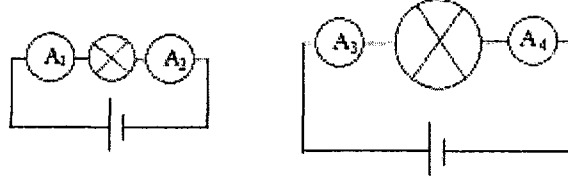
Öğrenciler devreyi kurduktan sonra lambanın yanmadığını, ampermetrenin ibresinin sapmadığını fakat voltmetrorenin ibresinin saptığını ve 4.5 volt’u gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Öğretmen gruplar halinde öğrencileri tartıştırıp belli sonuçlara ulaşmalarını sağlayacak yerde, sınıfa deneysel sonuçları kendisi yorumlayarak sunmuştur. Bu ifade “Voltmetre burada bir değer gösteriyor o da pilin uçları arasındaki potansiyel farkı değeridir. Ama voltmetrorenin gösterdiği potansiyel farkı bir akım değildir, dikkatinizi çekerim voltmetrorenin gösterdiği değer sadece pilin iki ucu arasındaki potansiyel farkı değeridir. Eğer voltmetre akım ölçseydi ampermetrede o zaman bir değer gösterecekti. Onun için voltmetroremiz sadece pilin iki ucu arasındaki potansiyel farkını gösterdi” şeklindedir. Öğretmenin böyle bir açıklama yapması öğretim planında yer almamaktadır.

Bölüm 4

Bu bölüm beş etkinlikten oluşmaktadır. İlk iki etkinlik, direnç kavramı ve ohm yasasının sunumunu içermektedir. Diğer etkinliklerde ise sırayla, dirençlerin:

- Seri bağlanması,
 - Paralel bağlanması,
 - Karışık bağlanması
- } - durumunda eşdeğer direncinin hesapla ve ölçümle nasıl bulunacağını içermektedir.

Etkinlik 1: Direnç kavramının nitel olarak sunulduğu kısımdır. Öğrencilerin direnç kavramını kolaylıkla anlamalarını amaçlayan bu etkinlikte, özdeş olmayan biri büyük diğeri küçük iki lambanın özdeş pillere bağlanarak oluşturulan iki farklı devre ile (Şekil 4.14) öğrencilerden ampermetreler ile her iki devreden geçen akım değerlerini ölçmeleri ve ölçüm sonuçlarını tartışmaları istenilmiştir.



Şekil 4.14 Bölüm 4 - Etkinlik 1’de kullanılan devre şekilleri.

Küçük lambanın büyük lambadan daha parlak ve küçük lamba üzerinden geçen akımın büyük lamba üzerinden geçen akım değerinden daha büyük olduğunu gözlemleyen öğrenciler bu durumun neden böyle olduğu konusunda herhangi bir açıklama yapamamışlardır.

Bu etkinlik sonunda öğretmen tarafından sınıfa aşağıdaki açıklama sunulmuştur.

(Şekil 1 ve şekil 2 deki devrelerden geçen akım miktarları karşılaştırıldığında, şekil 2 deki devreden geçen akım miktarının daha az olduğu görülmektedir. Bunun nedeni şekil 2 deki lambanın direncinin büyük olmasıdır. Direnç, akımın geçişine karşı gösterilen zorluk olarak ifade edilmektedir. Burada büyük lambanın direnci küçük lambanınkinden büyüktür. Bu yüzden büyük lambanın olduğu devreden geçen akım daha küçüktür. Yani diyebiliriz ki dirençle akım ters orantılıdır.

Öğrencilere değişik direnç örnekleri gösterildikten sonra ohmmetre (direnç ölçer) sınıfa tanıtıldı ve 2-3 tane farklı direncin değeri öğrencilerin görebileceği şekilde ohmmetre ile ölçülmüştür.

Direnç biriminin ohm olduğu ve Ω ile gösterildiği öğretmen tarafından sınıfa sunulmuştur.

4. ders bu etkinlik tamamlanmadan bitmiştir. Öğrenciler bu etkinlikte devreyi kurup akım değerlerini aldıktan sonra teneffüs zili çalmıştır. Ders 5’ in başında öğretmen, bir önceki hafta öğrencilerin etkinlik sırasında her iki devrede de, akım değerlerinin farklı olduğunu ifade ederek kısa bir hatırlatmanın ardından bu etkinliği tamamlamıştır. Bu etkinlikle ilgili sonuçlar ders 4 de bölüm 4 etkinlik 1 içinde sunulmuştur.

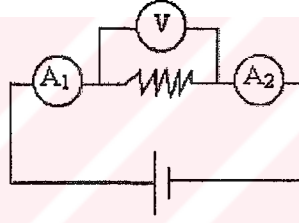
Süre: Ders 4 için geçen toplam süre 90 dk’dır. Bu sürenin paylaşımı;

- Bölüm 2 Etkinlik 6 için geçen süre: 45 dk,

- Bölüm 3 Etkinlik 1 için geçen süre: 25 dk,
- Etkinlik 2 için geçen süre: 13 dk,
- Bölüm 4 Etkinlik 1 için geçen süre: 7 dk'dır.

Ders 5

Etkinlik 2: Ohm yasasının sunulduğu bu kısımda, Şekil 4.15'te verilen devrede, öğrencilerden güç kaynağının kademesini sırasıyla 2, 4, 6 volta getirmeleri ve her seferinde direnç üzerinden geçen akımı ve direncin potansiyel farkını ölçmelerini ve kendilerine verilen tabloya yazmaları istenmiştir. Her seferinde buldukları direncin uçları arasındaki potansiyel farkını direnç üzerinden geçen akıma oranlamaları ve elde ettikleri sonuçları yorumlamaları da istenilmiştir.



Şekil 4.15 Bölüm 4 - Etkinlik 2'de kullanılan devre şekli.

Öğrenciler her seferinde çıkan sonucun hep aynı değer olduğunu fark ettikten sonra öğretmen tarafından aşağıdaki açıklama sınıfa sunulmuştur.

"Güç kaynağının potansiyel farkı kademesini (2, 4, 6 volt) arttırdıkça devreden geçen akım ve direncin uçları arasındaki potansiyel farkı değerlerinin her ikisinin de aynı oranda arttığını ve V/I değerlerini hesapladığımızda ise her bir durum için bu oranın eşit olduğunu gözlemlediniz.

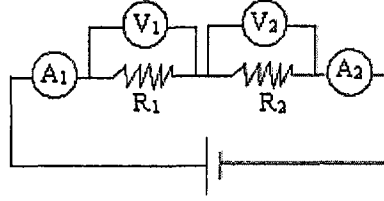
*Her durumda sabit çıkan bu V/I oranı, iletkenin direnci (**R**) olarak isimlendirilmekte ve*

$$R = \frac{V}{I} \text{ bağıntısı } \textit{ohm yasası} \text{ olarak ifade edilmektedir".}$$

Öğrencilerin ohm yasası ile buldukları direnç değerini bir de ohmmetre ile ölçmeleri istenilmiştir. Sonuçta aynı değeri bulan öğrenciler, iki farklı şekilde bir iletkenin direncinin bulunabileceğinin farkına varmışlardır.

Etkinlik 3: Seri bağlı dirençlerin eşdeğer direncini bulabilmek amacıyla öğrencilerden, birbirine seri bağlı özdeş iki direnç ile kurulmuş Şekil 4.16'da gösterilen devrede her bir direncin ve güç kaynağının potansiyel farkını ve devreden

geçen akım değerini ölçmeleri istenilmiştir. Ölçümlerin ardından öğrencilerden, güç kaynağı ve her bir direncin uçları arasındaki potansiyel farkını arasındaki matematiksel bağıntıyı arkadaşlarıyla tartışarak bulmaları istenilmiştir.



Şekil 4.16 Bölüm 4 - Etkinlik 3'te kullanılan devre şekli.

Grupların tamamı yaptıkları ölçümleri dikkate alarak bu bağıntının, $V_{\text{güç kay}} = V_1 + V_2$ olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Bu etkinlik sonunda öğretmen tarafından sınıfa aşağıdaki açıklama sunulmuştur.

“Ampermetrelerden geçen akım değerlerinin eşit olduğunu gözlemlediniz. Bu da dirençler üzerinden geçen akımların ve ana kol akımının eşit olduğunu göstermektedir. Gözlemleriniz sonucunda $V_1 + V_2$ değerinin güç kaynağının potansiyel farkına eşit olduğunu gördünüz.

$$V_{\text{güç kaynağı}} = V_1 + V_2$$

$R = \frac{V}{I}$ ohm yasası formülünde V'yi çektüğümüzde $V = R \times I$ formülünü elde ederiz. Bu değeri

$$V_{\text{güç kaynağı}} = V_1 + V_2 \text{ 'de yerine yazarsak,}$$

$$I \times R = I_1 \times R_1 + I_2 \times R_2 \text{ elde ederiz.}$$

$$I = I_1 = I_2 \text{ 'yi yerine yazdığımızda aşağıdaki bağıntı elde edilir.}$$

$$R = R_1 + R_2 \text{ Bu bağıntıdaki } R \text{ 'ye eşdeğer direnç denir ve } R_{\text{eş}} \text{ ile gösterilir”}.$$

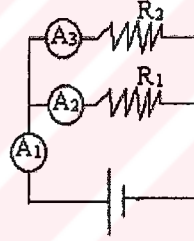
Bu açıklamalardan sonra öğrencilere, aşağıdaki işlem sırasında ohmmetre ile ölçümler yaptırılmıştır:

- Devreden güç kaynağını, ampermetre ve voltmetreleri çıkartınız.
- Güç kaynağının yerine ohmmetreyi takınız.

- Ohmmetre ile ölçülen değerle, hesaplama sonucunda bulduğunuz direnç değerlerini karşılaştırınız.

Sonuçta öğrenciler seri bağlı dirençleri temsil eden eşdeğer direnci formülle nasıl bulacaklarını öğrendikten sonra yaptıkları hesaplamanın doğruluğunu ise ohmmetre ile ölçüm yaparak test etmişlerdir.

Etkinlik 4: Paralel bağlı dirençlerin eşdeğer direncini bulabilmek amacıyla öğrencilerden, birbirine paralel bağlı özdeş iki direnç ile kurulmuş Şekil 4.17'deki devrede her bir direncin ve güç kaynağının potansiyel farkını ve ana kol ve dirençler üzerinden geçen akımı ölçmeleri istenilmiştir. Ölçümlerin ardından öğrencilerden, ana kol akımı ile dirençler üzerinden geçen akım değerleri ve güç kaynağı ile dirençlerin uçları arasındaki potansiyel farkı değerleri arasındaki matematiksel bağıntıları arkadaşlarıyla tartışarak bulmaları istenilmiştir



Şekil 4.17 Bölüm 4 - Etkinlik 4'te kullanılan devre şekli.

Grupların tamamı yaptıkları ölçümleri dikkate alarak bu bağıntıların,

$$V_{\text{güç kay}} = V_1 = V_2 \text{ ve}$$

$$I_{\text{ana kol}} = I_1 = I_2 + I_3$$

olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Bu etkinlik sonunda öğretmen tarafından sınıfa aşağıdaki açıklama sunulmuştur.

“Paralel bağlı bu devrede $V_{\text{güç kaynağı}} = V_1 = V_2$ ve $I_{\text{ana kol}} = I_2 + I_3$ olduğunu gözlemlediniz.

$R = \frac{V}{I}$ bağıntısında akımı (I) çekersek $I = \frac{V}{R}$ bağıntısını elde ederiz. Bu bağıntıyı $I_{\text{ana kol}} = I_2 + I_3$ bağıntısında yerine yazarsak

$$\frac{V_{\text{güç kay}}}{R_{\text{eş}}} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \text{ bağıntısını elde ederiz. } V_{\text{güç kaynağı}} = V_1 = V_2 \text{ olduğundan,}$$

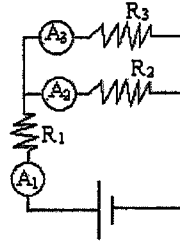
$$\frac{1}{R_{\text{eş}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ elde edilir. Paralel bağlı dirençlerde eşdeğer direnç bu formülle bulunur".}$$

Bu açıklamalardan sonra öğrencilere, aşağıdaki işlem sırasında ohmmetre ile ölçümler yaptırılmıştır:

- Devreden güç kaynağını, ampermetre ve voltmetreleri çıkartınız.
- Güç kaynağının yerine ohmmetreyi takınız.
- Ohmmetre ile ölçülen değerle, hesaplama sonucunda bulduğunuz direnç değerlerini karşılaştırınız.

Sonuçta öğrenciler paralel bağlı dirençleri temsil eden eşdeğer direnci formülle nasıl bulacaklarını öğrendikten sonra yaptıkları hesaplamaların doğruluğuna ise ohmmetre ile ölçüm yaparak ulaşmışlardır.

Etkinlik 5: Burada karışık bağlı (paralel bağlı iki direnç ve bunlara seri bağlı başka bir direnç) dirençlerin eşdeğer direncini bulabilmek amacıyla öğrencilerden, bir birine paralel bağlı özdeş iki direnç ve onlara seri bağlı diğerlerine özdeş direnç ile kurulmuş Şekil 4.18'deki devrede her bir direncin ve güç kaynağının uçları arasındaki potansiyel farkını ve ana kol ile dirençler üzerinden geçen akım değerlerini ölçmeleri istenilmiştir.



Şekil 4.18 Bölüm 4 - Etkinlik 5'te kullanılan devre şekli.

Ölçümlerin ardından öğrencilerden, bu devrenin eşdeğer direncini bulmaları istenilmiştir. Fakat bunu gerçekleştiremeyen öğrencilere öğretmen aşağıdaki şekilde bu devrenin eşdeğer direncini nasıl bulacaklarını göstermiştir.

“Bu üç direncin değeri soruda eşit verilmiş. Örneğin bu değerin 25 Ω olduğunu düşünelim.

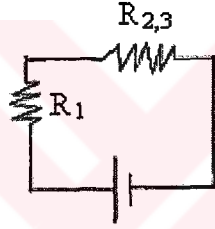
Şekilde de görüldüğü gibi R₂ ve R₃ dirençleri birbirine paralel bağlıdır. Bu iki direncin eşdeğeri olan dirence R_{2,3} diyelim ve bu eşdeğer direncin değerini bulalım.

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{25} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{2}{25} \quad \text{içler dışlar çarpımı yaparsak}$$

R_{2,3} = 12.5 Ω elde ederiz ve devre aşağıdaki şekle dönüşür.



Şekilde de görüldüğü gibi R₁ ve R_{2,3} dirençleri birbirine seri bağlıdır. R₁ ve R_{2,3} dirençlerinin eşdeğeri olan dirence R_{eş} diyelim ve bu eşdeğer direnci bulalım.

$$R_{eş} = R_1 + R_{2,3}$$

$$R_{eş} = 20 + 12.5$$

$$R_{eş} = 32.5 \Omega \text{ elde ederiz}”.$$

Bu etkinlik sonunda ders 5 tamamlanmıştır.

Süre: Ders 5 için geçen toplam süre 90 dk’dır. Bu sürenin paylaşımı;

- Bölüm 4 Etkinlik 1’ in geri kalanı için geçen süre: 10 dk,
- Etkinlik 2 için geçen süre: 21 dk,
- Etkinlik 3 için geçen süre: 15 dk,
- Etkinlik 4 için geçen süre: 21 dk,
- Etkinlik 5 için geçen süre: 23 dk’dır.

Deney grubunda yapılan öğretimin ardından öğrencilerden, öğretim ile ilgili olarak genel bir değerlendirme yapmaları istenilmiştir. Öğrencilerin neredeyse tamamı bu türden bir öğretim şekliyle ilk defa karşılaştıklarını, daha önceden okulda kendilerinin bizzat hiçbir deney yapmadıklarını ve deneyleri kendilerinin yapmalarının öğrenmelerini olumlu yönde etkilediğini belirtmektedirler. Örneğin öğretimle ilgili olarak öğrencilerin yaptıkları genel değerlendirmelerden birkaçı aşağıda sunulmaktadır.

- Öğrenci (6): Yaptığımız deney ve uygulamalar sonucunda bilmediğimiz ve unuttuğumuz bir çok şeyi görme ve yapma imkanı bulduk. Bütün çalışmaları kendimiz göre göre yaptığımız için bu uygulamaları asla unutmuyacağız. Bu deneyleri yaparken sadece kendi bilgilerimizi kullandık. Bundan dolayı bir çok şeyi daha iyi öğrendik. Geçen senelere baktığımızda hiç böyle uygulamalar yapmıyorduk. Bu yüzden yaptığımız şeyleri hemen unutuyorduk.
- Öğrenci (11): İlköğretimde hiç doğru düzgün deney yapmamıştım. Derste, neyin nereye nasıl bağlanacağını öğrendik. Ampermetreyi ve voltmetreyi kullanmayı bilmiyordum. Pilin yapısı hakkında, görevi hakkında çok az şey biliyordum. Deneyler öğrenmemi kolaylaştırdı. Kanunları daha kolay anlamamızı, formüllerini kullanmayı kolaylaştırdı. Arkadaşlarla tartışmamız, deneylerin ne kadar doğru ne kadar yanlış olduğunu anlamamızı sağladı.
- Öğrenci (19): Laboratuvarda yaptığımız ders ile sınıfta yaptığımız ders arasında büyük farklılıklar gözlemledim. Bununla birlikte dersi daha iyi anlamaya başladım. Sınıfta yaptığımız derslerin gerçek olduğunu öğrendim. Sınıfta yaptığımız çalışmayı bir süre sonra unutuyoruz. Deneyle yaptığımız çalışmalar sonucu öğretici ve kalıcı bilgi sahibi oldum.
- Öğrenci (2): Yaptığımız bu deneysel çalışmalar konuları daha net kavramamıza yardımcı oldu. Yaptığımız bazı şeyleri unuttuk. Bunun sebebi ise bir ders saati içerisinde birden fazla deney yapmamız. Ama yine de önüne o deneyle ilgili bir sunu sunulduğunda deneyleri gözümün önüne getirerek cevap verebiliyorum.
- Öğrenci (1): Ben şu an 9. sınıftayım. 9 seneden bu yana öğrenim görüyorum. Ama bu seneye kadar hiçbir zaman böyle bir faaliyet yapmamıştık ki, imkanlarımızda yoktu zaten. Ama bu uygulamalardan sonra bazı şeyleri bizzat görerek daha fazla öğrenebileceğimizi anladım.

Öğrencilerin tamamı genel olarak öğretimle ilgili olarak olumlu düşüncelere sahip iken bazı öğrenciler derslerde çok fazla deney yaptıklarından bazı şeyleri iyi anlayamadıklarını ifade etmişlerdir.

4.2.2 Kontrol Sınıfında Gerçekleştirilen Öğretim

Milli Eğitim Bakanlığı'nın (MEB), lise Fizik dersleriyle ilgili olarak yayınladığı program, içerik olarak sadece konu başlıklarından oluşmaktadır. Programda yer alan bu konu başlıklarına uygun olarak da ders kitapları hazırlanmaktadır. Lise 1. sınıflarda MEB yayınları olarak, Kalyoncu ve Çakmak [72] tarafından hazırlanan Fizik 1 ders kitabı, uygulamanın yapıldığı okulda fizik öğretmenleri tarafından öğrencilerine önerilmektedir. Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerin hepsinde bu ders kitabı kaynak kitap olarak bulunmaktaydı. Bu çalışmadaki öğretmen, lise 1. sınıflarda kitaba bağımlı bir şekilde ve geleneksel öğretim modellerini (anlatma, soru-cevap) kullanarak öğretimini gerçekleştirmektedir. Kontrol grubunda, öğretmen her zamanki kullandığı geleneksel öğretim tekniklerini uygulama boyunca yine kullanmıştır. Araştırmacı tarafından

sadece pillerin seri ve paralel bağlanmaları hariç, hiçbir şekilde öğretim sırasında öğretmene müdahale edilmemiştir.

Öğretmen ve öğrencilerin aynı ders kitabını kullanıyor olmalarından dolayı kitapta konuların işleniş biçiminin ele alınması önemli bir durum olarak görülmektedir. Aşağıda maddeler halinde lise 1 fizik kitabının madde ve elektrik ünitesi içinde bulunan ve bu araştırmanın ilgisi dahilinde olan konularının kısa bir değerlendirilmesi sunulmaktadır.

Konu içeriğine bakıldığında göze çarpan ilk şey, konunun sunumuna akım kavramı ile başlanmasıdır. Bu sunumun başlangıcında “bir elektrik devresinde yük akışının pilin – kutbundan + kutbuna doğru olduğu ve bu yük akışının borudan akan suya benzediği” ifade edilmiştir. Ardından, “elektrik devresinde açığa çıkan maddenin yük miktarına bağlılığı”, “seri bağlı devreden geçen yükün suyun elektrolizi yoluyla ölçülmesi”, paralel kollardan geçen yük miktarı ile ana koldan geçen yük miktarının karşılaştırılması” konuları deneysel olarak sunulduktan sonra, “elektrik akımı ve ölçülmesi” konusunda akım kavramı tanımlanarak (elektrik devresinde elektronların iletken içinde akışına akım denir) $i = \frac{q}{t}$ formülüyle bulunacağı ve ampermetre ile de devrede ölçülebileceği ifade edilmiştir. “Elektrik yükünün korunumu” konusunda, bir elektrik devresinde dolanan yük miktarının değişmediği sadece bir yerden başka bir yere gittiği ifade edilerek, yükün devrede değerinin değişmemesine elektrik yükünün korunumu yasası denildiği tamamıyla sözel olarak sunulmuştur. Bununla ilgili olarak herhangi bir deneysel çalışma sunulmamıştır.

Ardından bir sonraki konu olarak “maddelerin elektrik iletkenliği” sunulmuştur. Bu konuda ise katı, sıvı ve gazların iletkenliği üzerinde durulmakta ve konular deneyler eşliğinde işlenmektedir. Maddelerin elektrik iletkenliği, elektrik yükünün ölçülmesi ve elektrik akımı konularını da kapsayan daha genel bir konudur. Bu yüzden maddelerin elektriksel iletkenliği, elektrik devreleri konusuna girildiğinde öncelikli olarak verilmesi daha uygundur.

İletkenlikten sonra piller konusu gelmekte ve giriş kısmında potansiyel farkı kavramına girilmektedir. Bu kavramın sunumunda akarsu akışı benzetmesi kullanılarak aşağıdaki şekilde bir sunum yapılmaktadır.

“Elektrik yüklerinin bir noktadan başka bir noktaya hareket edebilmesi ancak, bu iki nokta arasında bir potansiyel farkının olmasıyla mümkündür. Yüklerin devrede iki nokta arasındaki hareketini bir akarsuyun akışına benzetebiliriz. Su kütleleri nasıl yüksekte potansiyel enerji kazanıp izlediği eğimli yol boyunca bir değirmenin çarkını döndürerek veya bir elektrik türbinini çevirerek iş yapabilirse, elektrik akımını oluşturan yükler de potansiyel farkı altında enerji kazanarak devreyi dolaşır ve devredeki elemanlar üzerinden geçerken iş yapabilirler”.

Yukarıdaki sunumda da görüldüğü gibi, potansiyel farkı kavramı, enerji, potansiyel enerji ve iş kavramlarıyla beraber sunulmuştur. Bir kavram kargaşasına yol açabilecek şekilde bu kadar çok kavramın beraber bir arada kullanılmasının öğrencilerde bir kavram kargaşasına sebep olabileceği açık bir şekilde görülmektedir.

Volta pili ve kuru pillerle ilgili olarak ders kitabında konunun anlatımında kullanılan kimyasal tepkimeler uzun uzadıya sunulmuştur. Lise 1. sınıf öğrencilerinin tamamının sayısal bölümünü tercih etmeyecekleri düşünüldüğünde bu kadar ayrıntılı bir şekilde kimyasal tepkimeler kullanılarak piller konusunun işlenmesi gereksiz bir durum olarak gözükmektedir.

Piller konusundan sonra “alternatif akım kaynakları” ardından “elektrik devreleri” konuları sunulmaktadır. Henüz doğru akım ile ilgili konu bitmeden piller ve elektrik devreleri konuları arasında alternatif akım konusuna yer verilmesi konuların aşamalı olarak sunulmasına ters düşen bir durum olarak gözükmektedir. Bu yüzden, alternatif akım konusunun doğru akım ile ilgili bütün konuların bitmesinden sonra sunulmasının daha doğru olacağı aşikardır.

Kontrol sınıfında yapılan öğretimin genel hatlarıyla içeriğinin verildiği bu bölümde veriler sınıf içi gözlemlerden elde edilmiştir.

Öğretmenin kontrol grubunda yaptığı öğretim “Elektrik yükünün ölçülmesi ve elektrik akımı” konusundan başlayıp “Dirençlerin seri ve paralel bağlanması” konularıyla son bulmuştur. Burada yapılan öğretim deney grubuyla aynı zamanda ve aynı sürede yani toplam 5 (beş) hafta sürmüştür. Her bir hafta deney grubunda olduğu gibi toplam 90 dk’dır. Her hafta yapılan öğretimin genel hatlarıyla içeriği 1, 2, 3, 4, 5. ders başlıkları altında aşağıda kısaca sunulmuştur.

1. Ders: Bu derste öğretmen tarafından öğretim sırasında yapılan işlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- Öğretmen, elektrik yükünün ölçülmesi ve elektrik akımı konusuna, kitapta bulunan giriş kısmındaki ifadeleri bütün sınıfa anlatarak başlamıştır.
- Suyun elektrolizi deneyini gösteri deneyi olarak yapmıştır. Deney sonucunu öğrencilerin defterlerine yazdırmıştır. Öğretmen bu deney ile ilgili kısım bittikten sonra, deney yapmanın çok fazla zaman almasını gerekçe göstererek bundan sonra deney yapamayabileceğini belirtmiştir.
- “Seri devreden geçen yükün suyun elektrolizi yoluyla ölçülmesi” ve “paralel kollarından geçen yük miktarı ile ana koldan geçen yük miktarının karşılaştırılması” konularıyla ilgili deneylerden bahsederek deney yapılsaydı çıkabilecek sonuçları öğrencilerin defterlerine yazdırmıştır.
- Elektroliz kapları ile ilgili iki adet problem çözmüştür. Problemlerin çözümü sırasında bazen sınıfa “bu tüpte hangi gaz birikir” tipinde sorular sorarak öğrencilerin derse katılımını sağlamaya çalışmıştır.
- “Elektrik akımı ve ölçülmesi” konusuna, kitapta verilen akım kavramının tanımını öğrencilerin defterine yazdırarak başlamıştır. Ardından akımla ilgili $i=q/t$ formülünü vererek, akımın bu formülden bulunabileceğini belirtmiştir. Bununla ilgili olarak kitaptaki soruyu kendisi çözmüştür. Bu dersin sonunda, elektrik yükünün korunumu yasası öğrencilerin defterlerine yazdırılmıştır.

2. Ders: Bu derste öğretmen tarafından öğretim sırasında yapılan işlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- “Maddelerin elektrik iletkenliği” konusu, öğretmenin iletken ve yalıtkan maddelerin tanımlarını öğrencilerin defterlerine yazdırarak başlamıştır. Katıların, sıvıların ve gazların elektrik iletkenliği ile ilgili olarak kitapta geçen ifadeler öğretmen tarafından sınıfa sunulmuştur.
- “Doğru akım kaynakları” konusu, öğrencilerin defterlerine doğru akım ve doğru akım kaynaklarının tanımları yazdırılarak başlamıştır. Ardından piller ve çeşitleri ile ilgili kitaptaki ifadeler ve kimyasal tepkimeler tahtaya öğretmen tarafından yazılarak sunulmuştur. Volta pili ve kuru piller tanıtıldıktan sonra bir kuru pilin kitapta sunulan şekli öğretmen tarafından tahtaya çizilerek anlatılmıştır.

- Akümülatör ve korozyon olayı ile ilgili olarak kitapta yer alan ifadeler sınıfa sunulmuştur.
- “Alternatif akım kaynakları” konusu kitapta sunulan tanımın öğrencilerin defterlerine yazdırılmasıyla başlamıştır. Bunun ardından, hidroelektrik termik santraller ve jeneratörlerle ilgili kitaptaki ifadeler sınıfa sunulmuştur.

3. Ders: Bu derste öğretmen tarafından öğretim sırasında yapılan işlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- “Transformatörler” konusu, kitaptaki ifadelerin sunulması ile başlamaktadır. Şekil çizilerek, transformatörle ilgili formül sınıfa sunulmakta ve transformatörlerle ilgili olarak ÖSS sınavında her yıl soru çıkması gerekçe gösterilerek, öğretmen tarafından üç adet soru çözülmüştür.
- Nükleer enerji santralleri ile ilgili kitapta verilen ifadeler özetlenerek sınıfa sunulmuştur. Filyon ve füzyon olaylarının kitaptaki tanımları öğrencilerin defterlerine yazdırılmıştır.

4. Ders: Bu derste öğretmen tarafından öğretim sırasında yapılan işlemler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- “Elektrik devreleri” konusu öğretmenin tahtaya içinde pil, direnç, ampermetre, voltmetre, reosta bulunacak şekilde basit bir elektrik devresi çizilerek başlamıştır. Devreye ampermetre ve voltmetrenin nasıl bağlanması gerektiğini öğretmen sınıfa sunduktan sonra öğrencilerin defterlerine yazdırmıştır.
- Potansiyel farkı kavramı ile ilgili kitapta geçen ifade ve tanım öğrencilerin defterlerine yazdırılmıştır.
- Direnç le ilgili kitaptaki ifadeler özetlenerek sunulduktan sonra, ohm yasası anlatılmıştır. Ohm yasası ile ilgili kitaptaki soru öğretmen tarafından çözülmüştür.
- Dirençlerin seri ve paralel bağlanması şekiller çizilerek sunulduktan sonra eşdeğer direnç formülleri çıkartılmış ve konu ile ilgili kitaptaki sorular çözülmüştür.
- Programda olmamasına rağmen, araştırmacının isteği doğrultusunda pillerin seri ve paralel bağlanması konusu 7-8 dk’lik bir süre içinde yapılan bir sunumla verilmiştir.

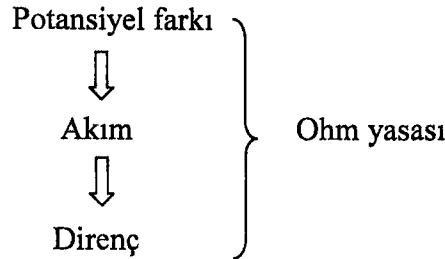
5. Ders: Bu derste öğretmen tarafından öğretim sırasında yapılan işlemler: Dirençlerin seri, paralel ve karışık bağlanmalarını içeren devrelerde, eşdeğer direnç, devrenin ana kol akımı, dirençler üzerinden geçen akımlar ve dirençlerin potansiyel farkının bulunması ile ilgili problemler öğretmen tarafından soru cevap tekniği kullanılarak çözülmesi şeklindedir.

4.2.3 Deney ve Kontrol Gruplarında Uygulanan Öğretimlerin Karşılaştırılması

Fen eğitimi alanında (çoğunlukla öğrenme ve öğretim üzerine), öğrencilerin öğretim öncesinde kendilerine öğretilecek konuda geçen kavramlarla ilgili olarak sahip oldukları fikirlerin öğrenmelerini etkilediğini gösteren birçok çalışma vardır. Gilbert ve ark [71], fen programları hazırlanırken öğrencilerin sahip olduğu bu fikirlerin dikkate alınmasının gerekliliğini önemle vurgulamaktadırlar. Alanda yapılan araştırmalar, fen programları hazırlanırken ve ders kitapları yazılırken öğrencilerin öğretim öncesi sahip oldukları fikirlerin dikkate alınmadığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada uygulanan öğretimin, geleneksel öğretim modellerinden ve ulusal programda verilen konunun işleniş sırası ve içeriğinden olan farkı aşağıda maddeler halinde sunulmuştur. Bunlar:

- Öğrencilerin konuyla ilgili alternatif fikirlerini dikkate alınması;
- Kavramların aşağıdaki şekilde aşamalı olarak sunulması;



- Kavramların nitel olarak anlaşılmasına yönelik etkinlikler gerçekleştirilmesi;
- Kavramlar arası farkı ortaya koyulması;
- Kavramsal değişime yönelik etkinliklere yer verilmesi;
- Öğrencilerin gruplar (3-4 kişilik) halinde çalışmalarına olanak sağlanması;
- Öğrencilerin kendilerinin ve arkadaşlarının konu ile ilgili fikirlerinin ne olduğunun farkına varmalarını sağlanması;

- Grup içi ve sınıf tartışmalarına olanak sağlanması;
- Tartışmalar sonunda öğrencilerin kendi fikirlerini kendilerinin oluşturmalarına imkan tanınması;
- Öğretmenin, öğrenciye bilgiyi doğrudan veren değil öğrencilerin ona ulaşmalarını sağlayıcı bir rol üstlenmesi şeklindedir.

Aşağıda verilen Tablo 4.3'te, bu çalışmada deney ve kontrol gruplarında yapılan öğretimlerin konu içeriği ve pedagojik olarak karşılaştırılmaları sunulmaktadır.

Tablo 4.3 Deney ve kontrol gruplarında yapılan öğretimlerin kavramsal yapı ve sınıf içi etkileşimler bakımından karşılaştırılması.

		Deney	Kontrol
Kavramsal Yapı	Öğrencilerin konuyla ilgili alternatif fikirlerini dikkate alması	√	-
	Kavramların aşamalı olarak sunumu	√	Akım, potansiyel farkı ve direnç kavramları şeklinde bir sıra var gibi ama bu sıra çok belirgin değil.
	Kavramlar arası farkın sunumu	√	-
	Kavramların nedensel anlaşılmasına yönelik etkinlikler sunma	√	-
Sınıf İçi Etkileşimler	Öğrencilerin kendilerinin ve başkalarının fikirlerinin ne olduğunun farkına varmalarına olanak sağlama	√	Problem çözümlerinde sadece soru cevap tekniği kullanılmakta: Öğrenciler problemin çözümü ile ilgili olarak arkadaşının görüşlerinin ne olduğunu anlıyor
	Öğrencilerin kendilerinin küçük gruplar halinde deney yapmasını sağlama	√	-
	Sınıf içi grup tartışmasına olanak tanıma	√	-
	Öğretmenin, bilgiyi doğrudan veren değil öğrencilerin ona ulaşmalarına yardım eden ve gerektiği yerde açıklama yapan konumda olmasını sağlama	√	Öğretmen, bilgiyi tamamıyla kendisi veren bir konumdadır. Öğrenciler bilgiyi öğretmenden hazır olarak almaktadır.

Deney ve kontrol grubunda uygulanan öğretimlerden elde edilen bulguların sunulduğu bu bölümün ardından, her iki gruba da uygulanan öğretim öncesi ön test, ardından öğretim sonrası son ve geciktirilmiş son testlerde öğrencilerin yaptıkları açıklamalardan elde edilen veriler "Bulgular ve Tartışma" bölümünde sunulacaktır. Özellikle son ve geciktirilmiş son testlerde, öğretimlerin öğrencilerin yaptıkları açıklamaları nasıl etkilediği incelenmektedir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölüm iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda, kavramsal anlama ön test son test ve geciktirilmiş son testlerinde yer alan soruların hepsi tek tek incelenmektedir. İkinci kısımda ise, öğrencilerin her üç testten de aldıkları puanlardan grupların kendi içinde ve karşılıklı olarak kavramsal anlama ve bilginin kalıcılığı açısından karşılaştırılmasının yapıldığı istatistiksel analizler ve yorumlar yer almaktadır.

5.1 Kavramsal Anlama Testinde Yer Alan Sorulardan Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, kavramsal anlama testinde yer alan sorulara öğrenciler tarafından verilen cevap ve açıklamaların analizinden elde edilen veriler sunulmaktadır. Ayrıca görüşmelerden elde edilen veriler ilgili olduğu kavramsal anlama testindeki soruların altında verilmektedir.

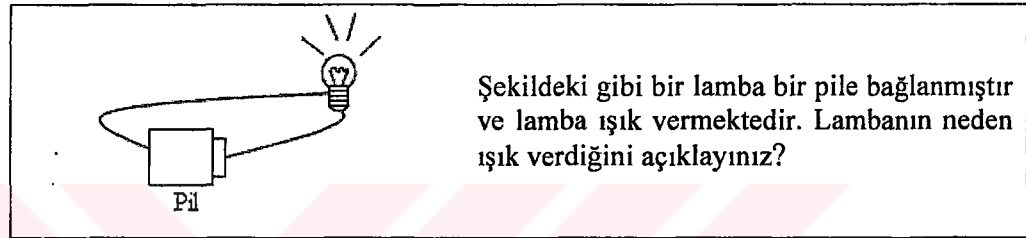
Kavramsal anlama testinde yer alan sorular (1. soru hariç) ve görüşmelerden elde edilen verilerin sunum biçimi aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- i. Önce deney ardından kontrol grubu öğrencilerinin, her bir soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki soruların çoktan seçmeli kısmına verdikleri yanıtların yüzdeleri tablolar ve grafikler halinde sunulmaktadır.
- ii. Aynı soru için önce deney, ardından kontrol grubu öğrencilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testte yaptıkları açıklamaların analizinden elde edilen kategoriler tablolar halinde sunulmaktadır. Her tablonun altında her üç testte de öğrencilerin fikirlerinin çoğunlukla ne olduğunun belirtilmesinin yanında, son testten elde edilen veriler yapılan öğretimlerin etkililiği geciktirilmiş son testten elde edilen veriler de bilginin kalıcılığı açısından değerlendirilmektedir. Ayrıca görüşmelerden elde edilen veriler ilgili sorunun altında verilmektedir.
- iii. 2, 3-a, 4, 5-a, 6-I, 7 ve 8. sorularla ilgili olarak kavramsal değişim grafikleri önce deney ardından kontrol grubu için verilmekte ve grafikler kavramsal değişim açısından yorumlanmaktadır.

1. soru, öğrencilerin basit elektrik devreleri ile ilgili olarak yaptıkları açıklamada kullandıkları kavramları belirlemek amacıyla sorulduğundan bu sorudan elde edilen veriler farklı bir şekilde sunulmaktadır. Önce deney ardından kontrol grubu gelecek şekilde, öğrencilerin ön test, son test ve geciktirilmiş son testte kullandıkları kavramların yüzdelerinin yer aldığı tablolar ve yorumları sunulmaktadır.

Aşağıda her bir sorunun analizinden elde edilen veriler ve bu verilerin yorumları yer almaktadır.

Soru 1



Tek pil ve lambadan oluşan basit bir elektrik devresinde lambanın ışık verme nedeninin ne olduğu ile ilgili olarak sorulan bu sorunun amacı, öğrencilerin basit bir elektrik devresinde lambanın ışık verme sebebini açıklarken kullanmış oldukları kavramların ne olduğunu belirlemektir. Deney grubundaki öğrencilerin yaptıkları açıklamalarda kullandıkları kavramlar aşağıda Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 5.1 Deney grubu öğrencilerinin 1. soruyu yanıtlarken açıklamalarında kullandıkları kavramlar.

Kavramlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
Enerji	30.4	-	-
Akım	21.7	21.7	30.4
Elektrik	17.4	-	-
Devrenin tamamlanmış olması	13	17.4	30.4
Akım ve Enerji	8.7	-	-
Enerji ve Volt	4.3	-	-
İyon ve Akım	4.3	-	-
Potansiyel farkı	-	8.7	8.7
Devrenin tamamlanmış olması ve Akım	-	30.4	21.7
Potansiyel farkı, Akım, devrenin tamamlanmış olması	-	8.7	-
Potansiyel farkı ve Akım	-	4.3	4.3
Akım, Direnç, Devrenin tamamlanmış olması	-	4.3	-
Kimyasal reaksiyon ve Enerji	-	-	4.3
Kodlanamayan	-	4.3	-
Toplam	99.8	99.8	99.8

Deney grubu öğrencilerinin ön testte çoğunlukla “enerji”, “akım”, “elektrik” ve “devrenin tamamlanmış olması” gibi kavramları kullandıkları görülmektedir. Enerji, akım ve elektrik kavramlarını kullanan öğrenciler çoğunlukla pilin lambaya sağlamış olduğu bu enerji (akım veya elektrik) sayesinde ışık verdiğini ifade etmektedirler.

Bu soruda öğrencilerin çoğunluğu lambanın ışık vermesi için pilden bir şeylerin lambaya gitmesi gerektiğini ve bunu da enerji, akım, elektrik gibi isimlendirdikleri görülmüştür. Yani öğrenciler pilden lambaya giden ve lambanın ışık vermesini sağlayan şeyin ismini değişik şekillerde ifade etmişlerdir. Örneğin öğrencilerden bazılarının yaptıkları açıklamalar “*Lamba pilden enerji aldığı için ışık vermektedir*”, “*basit bir elektrik devresi pile bağlı olduğu ve akım geçtiği için ışık verir*”, “*pil lambaya akım vermektedir, pil lambaya akım verince lambada ışık verip aydınlatıyor*”, “*bu basit elektrik devresidir. Pilin bir tarafı pozitif bir tarafı negatif yüklüdür. Bu yüzden pilin her iki tarafından lambaya elektrik geldiğinde lamba yanar*” şeklindedir.

Öğretim öncesi öğrencilerle yapılan görüşmelerde, “Bir elektrik devresinde dolanan bir şey var mıdır” sorusuna öğrencilerin verdikleri yanıtlar genellikle akım şeklinde olmuştur. Bununla ilgili olarak görüşmelerden elde edilen veriler aşağıda sunulmaktadır.

Görüşmeci: Bir elektrik devresinde dolanan bir şey var mıdır?

Öğrenci (20): Var, elektrik akımı (8, 21, 23, 9, 2 numaralı öğrencilerde 20 ile aynı görüşte).

Öğrenci (16): aaa, elektrik devresi geçer kablolardan.

Görüşmeci: Nasıl yani?

Öğrenci (16): Akım akım yaparak geçer.

Görüşmeci: Evet, akım dedin ..., akımı kim veriyor?

Öğrenci (16): O akım, eee, ..., akümülatörden pile geçer.

Görüşmeci: Akümülatör dediğin şey ne, ben tam anlayamadım onu da.

Öğrenci (16): Akümülatör, yani pillerin, ... eee ..., yani pillerin o aracın içinde bulunan bir şeydir yani.

Görüşmeci: Pilin içindedir mi diyorsun bu?

- Öğrenci (16): Valla pilin içinde olup olmadığını bilmiyorum da yalnız herhalde çalışan şeyin içindedir, öyle diye düşünüyorum.
- Öğrenci (17): Var. Enerji, içindeki artı yüklü...
- Görüşmeci: Neyin içindeki bir daha söyler misin?
- Öğrenci (17): Pilin içindeki artı yüklü elektrik akımları vardır...
- Görüşmeci: Haa, ne oluyor onlara?
- Öğrenci (17): Lambanın yanmasını sağlarlar.
- Görüşmeci: Nasıl oluyor peki, dolanıyor mu bunlar devrede?
- Öğrenci (17): Evet.
- Görüşmeci: Evet diyorsun, nasıl bir dolanma peki bu?
- Öğrenci (17): Artı ve eksi yüklü dolanmadır.
- Görüşmeci: Yani pilin iki tarafından damı artı ve eksi yükler çıkıyor?
- Öğrenci (17): Hayır. Pilin bir tarafından artı bir tarafından eksi yük ... dolaşır.
- Öğrenci (7): Enerji dolaşiyor.
- Görüşmeci: Bu dolanımın yönü konusunda bir şey diyor musun?
- Öğrenci (7): Artıdan eksiye doğrudur.

Tablo 5.1'e göre, öğretim sonrasında son testte ilk etapta dikkati çeken şeyler; öğretim öncesinde % 30.4 olarak kullanılan enerji kavramının öğretim sonrasında hiç kullanılmaması, akım kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesi % 33.7'den % 69.4'e yükselmesi, potansiyel farkı kavramı öğretim öncesinde hiç kullanılmamışken öğretim sonrasında yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber % 21.7'ye yükselmesi ve devre tamamlanması kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesinin % 13 den % 60.5'e yükselmiş olmasıdır.

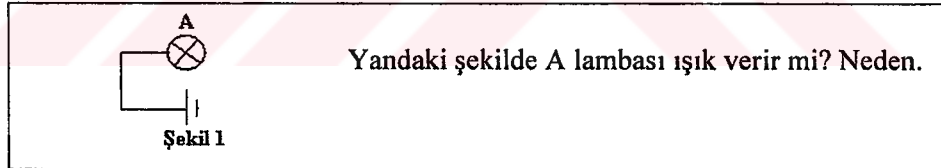
Öğretim sonrasında yapılan görüşmede öğrencilerin tamamı "bir elektrik devresinde dolanan bir şey var mıdır" sorusuna "akım" cevabını vermişlerdir.

Yine Tablo 5.1'den, geciktirilmiş son testte, açıklamalarında enerji kavramını kullanan öğrenci yüzdesinin % 4.3, akım kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesinin % 56.4, devre tamamlanması kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesinin % 52.1 ve potansiyel farkı kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesinin % 13 olduğu anlaşılmaktadır.

Genel olarak bakıldığında, öğrencilerin son test ve geciktirilmiş son testteki açıklamalarında enerji ve elektrik kavramlarını kullanmadıkları çoğunlukla akım, devrenin tamamlanması ve potansiyel farkı kavramlarını kullandıkları görülmektedir. Bu durumda, öğrencilerin öğretim sırasında bölüm 1 etkinlik 1' de devrenin doğru bir şekilde bağlanması, bölüm 3 etkinlik 1 – 2' de potansiyel farkı, enerji ve akım kavramlarının birbirinden farkını öğretim sonucunda kavramış olduğu söylenebilir. Nitekim öğrenciler ön testte, devrede dolanan şey konusunda kullandıkları enerji ve elektrik kavramını öğretimden sonra kullanmamışlardır.

Öğrencilerin açıklamalarında kullandıkları kavramları öğretim sonrasında çoğunlukla değiştirmeleri, yapılan öğretimin öğrencileri açıklamalarında doğru kavramları kullanmaya yönlendirme konusunda başarılı olduğu söylenebilir.

Devre tamamlanması ve akımın (veya enerji, elektrik...) dolanımı ile ilgili olarak kavramsal anlama testinde herhangi bir sorunun yer almamasından dolayı görüşmeler yardımıyla öğrencilerin bu konudaki fikirlerinin ne olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, görüşmelerde öğrencilere devre tamamlanması ile ilgili olarak aşağıdaki devreler (şekil 1 ve şekil 2) sunulmuştur. Bu sorulardan elde edilen veriler aşağıda verilmektedir.



Öğretim öncesi

Öğrenci (21): Yanmaz hocam. Eeee, devre tamamlanmamış ondan (20, 8, 23).

Öğrenci (7): Yanmaz bence çünkü devre tamamlanmamıştır.

Görüşmeci: Nasıl yani devre tamamlanmamıştır?

Öğrenci (7): Burası artı yüklü herhangi bir yük olsun buranın yükü yok çünkü buradaki tel buraya değmemiş yani yok tel. O yüzden lamba yanmaz. Çünkü devre sağlanmamıştır.

Yukarıda da görüldüğü gibi 21, 8, 23, 20, 7 ve numaralı öğrenciler, devre tamamlanmadığı için lambanın ışık vermediğini ifade etmektedirler. Bu durum da öğrencilerin lambanın yanması için devrenin tamamlanması gerektiğinin farkında olduklarını göstermektedir. Diğer öğrencilerden 2 numaralı öğrenci görüşme sırasında baştan lambanın ışık verdiğini söylemesine rağmen daha sonra bu görüşünü

terk ederek devre tamamlanmadığı için lambanın yanmayacağını belirtmiştir. 16 numaralı öğrenci ise lambanın ışık verip vermeyeceği konusunda kararsız olduğunu belirtmenin yanında açıklamasında ilginç kavramlar da kullanmıştır.

Öğrenci (16): Valla, ... eee ..., yanar mı? ,yanar.

Görüşmeci: Neden? Kısaca açıklayabilir misin?

Öğrenci (16): Yok yanmaz. Çünkü, ... yani,, burda elektrik devresi burdan geçer, tam olarak yani ısı veren iş yapmak yani bu.

Görüşmeci: Niye tam olması için ne olması gerekiyordu ki?

Öğrenci (16): Tam olması için akım, akımın daha, yani akımın dalga boyunun daha çok olması lazım.

Görüşmeci: Bir daha söyler misin?

Öğrenci (16): Akımın dalga boyunun daha çok olması lazım, akımın, ... eee ..., yani dalga.

Görüşmeci: Nedir?

Öğrenci (16): Akıyo, ... eee, akıyo gibi yani dalga oluyo yani. Kablolardan geçen, ... eee, işte o yüzden.

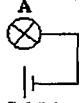
Görüşmeci: Sonuç olarak yanmaz mı diyorsun?

Öğrenci (16): Öyle gibi ama pek kararsız kaldım yine de.

Öğretim sonrası bu soru ile ilgili olarak öğrencilerle yapılan görüşmelerde, 16 numaralı öğrenci dışında görüşme yapılan bütün öğrenciler devre tamamlanmadığı için lambanın yanmayacağını ifade etmektedirler. 16 numaralı öğrencinin görüşmede bu soru ile ilgili fikirleri aşağıda sunulmaktadır.

Öğrenci (16): Yanar. Çünkü lamba, , negatif taraftan fazla akım gitmez, pozitif taraftan gider. Yani negatif tarafın bağlanması şart değil.

Devre tamamlanması ile ilgili olarak sunulan 2. devrede öğrencilerin görüşleri aşağıda sunulmuştur.

 Şekil 2	Yandaki şekilde A lambası ışık verir mi? Neden?
--	---

Öğretim öncesi

Öğrenci (7): Bana göre bu da yanmaz. Çünkü burada da devre herhalde tamamlanmamış (8, 23, 21, 20).

Yukarıda da görüldüğü gibi 7, 21, 8, 23 ve 20 numaralı öğrenciler, devre tamamlanmadığı için lambanın ışık vermediğini ifade etmektedirler. Bu durum da öğrencilerin lambanın yanması için devrenin tamamlanması gerektiğinin şekil 1 de olduğu gibi Şekil 2’de de farkında olduklarını göstermektedir. 16 ve 17 numaralı öğrenciler ise lambanın pilin pozitif tarafına bağlı olduğunda ışık vereceğini, negatif tarafına bağlı olduğunda ise ışık vermeyeceğini belirtmişlerdir. 2 numaralı öğrenci görüşme sırasında baştan lambanın ışık verdiğini söylemesine rağmen daha sonra bu görüşünü terk ederek devre tamamlanmadığı için lambanın yanmayacağını ifade etmiştir.

Öğretim sonrasında 16 numaralı öğrenci hariç bütün öğrenciler, devre tamamlanmadığı için lambanın ışık vermeyeceğini belirtmişlerdir. 16 numaralı öğrenci ise, öğretim öncesi fikirlerinde ısrar ederek yine “lambanın pilin pozitif tarafına bağlı olduğunda ışık vereceğini, negatif tarafına bağlı olduğunda ise ışık vermeyeceğini” ifade etmiştir.

Bu soruyu yanıtlarken, kontrol grubundaki öğrencilerin yaptıkları açıklamalarda kullandıkları kavramlar aşağıda Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2 Kontrol grubu öğrencilerinin 1. soruyu yanıtlarken açıklamalarında kullandıkları kavramlar.

Kavramlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
Enerji	30.4	21.7	17.4
Akım	17.4	26.1	26.1
Elektrik	8.7	-	-
Akım ve Enerji	4.3	4.3	4.3
Güç	4.3	-	-
Elektrik ve Enerji	4.3	-	-
Kuvvet	4.3	-	-
+ ve – kutup (veya yük)	17.4	17.4	26.1
Doğru bağlantı	-	26.1	17.4
Kodlanamayan	8.7	4.3	8.7
Toplam	99.8	99.9	100

Kontrol grubu öğrencilerinin ön testte genellikle enerji, akım, elektrik ve +, - kutup kavramlarını kullandıkları görülmektedir. Enerji, akım ve elektrik kavramlarını kullanan öğrenciler genellikle pilin lambaya sağlamış olduğu bu enerji (akım veya elektrik) sayesinde ışık verdiğini ifade etmektedirler. + ve – kutup (veya

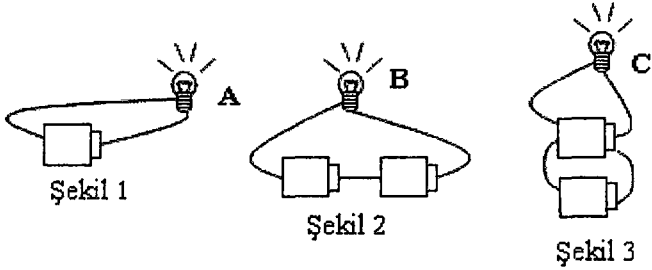
yük) kavramını kullanan öğrencilerin açıklamaları “*Lamba pilin + ve – kutuplarına bağlanmıştır. Pilin kutupları ++ veya - - olsaydı lamba yanmazdı*” şeklindedir.

Açıklamalarda kullanılan kavramların öğretim öncesi ve sonrasında yüzdelerine bakıldığında; enerji kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesi % 39’dan % 26’ ya, elektrik kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesi % 13’den % 0’a gerilemiştir. Akım kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesi ise % 21.7’den % 30.4’e yükselirken, + ve – kutup (veya yük) kavramını kullanan öğrenci yüzdesinde bir değişiklik olmamıştır (%17.4). Ayrıca, doğru bağlantı kavramı öğretim öncesinde hiç kullanılmamışken öğretim sonrasındaki yüzdesi % 26.1 olmuştur. Doğru bağlantı kavramını kullanan öğrenciler çoğunlukla bağlantı şekli doğru olduğu için lamba yanmaktadır ifadesini kullanmışlardır.

Geciktirilmiş son teste ise; açıklamalarında enerji kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesi % 21.7, akım kavramını yalnız başına veya diğer kavramlarla beraber kullanan öğrenci yüzdesi % 30.4, + ve – kutup (veya yük) kavramını kullanan öğrenci yüzdesi % 26.1 ve doğru bağlantı kavramını kullanan öğrenci yüzdesi % 17.4 olmuştur.

Tablo 5.2’den anlaşılacağı üzere, kontrol grubunda, akım, enerji ve elektrik kavramlarının kullanımında fazla bir farklılık olmamıştır. Fakat öğretim öncesinde kullanılan kavramlardan farklı olarak öğretim sonrasında son test ve geciktirilmiş son teste doğru bağlantı kavramının da kullanıldığı göze çarpmaktadır.

2. soru



Şekil 1 Şekil 2 Şekil 3

Her üç şekilde de piller ve lambalar özdeştir. Şekil 2’de ikinci pil seri olarak, Şekil 3’te ikinci pil paralel olarak diğer pile bağlanmıştır.

Lambaların parlaklığı ile ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerin başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X isareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.

<input type="checkbox"/> $A > B > C$	<input type="checkbox"/> $B > A > C$	<input type="checkbox"/> $B > A = C$
<input type="checkbox"/> $A = B = C$	<input type="checkbox"/> $B = C > A$	<input type="checkbox"/>

Açıklamanız:

Bu soru, bir pil ve bir lamba, seri iki pil ve bir lamba, paralel iki pil ve bir lamba bağlantısının olduğu üç devreden oluşmaktadır. Bu üç devrede de lambalar ve piller özdeştir. Öğrencilerden lambaların parlaklığı ile ilgili bir tahminde bulunmaları ve bu tahminlerini doğrulayıcı açıklama yapmaları istenilmektedir. Bu soruda, öğrencilerin lambaların parlaklığı ile ilgili görüşlerini açıklarken, pil sayısı ve bağlantı şeklini dikkate alıp almadıklarını belirlemek amaçlanmıştır.

Bu soru için doğru seçenek $B > A = C$ 'dir. Bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklama, potansiyel farkı veya akım kavramları temel alınarak iki türlü yapılabilir. Potansiyel farkı temelli bir açıklamada aşağıda belirtilen ifadelerin yer alması beklenebilir:

- Potansiyel farkı değeri ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır,
- Şekil 2’deki lambanın potansiyel farkı, iki pilin toplam potansiyel farkına eşittir. Şekil 1 ve 3 (paralel bağlı pillerin toplam potansiyel farkı tek bir pilin potansiyel farkına eşittir) deki lambaların potansiyel farkları birbirine eşit ve Şekil 2’deki lambanın uçları arasındaki potansiyel farkı değerinin yarısı kadardır,

- Uçları arasında en fazla potansiyel farkı değerine sahip lamba B lambası olduğundan en parlaktır. A ve C lambalarının potansiyel farkı değeri eşit ve B lambasınınkinden daha küçüktür.

Akım temelli bir açıklamada aşağıda belirtilen ifadelerin yer alması beklenebilir:

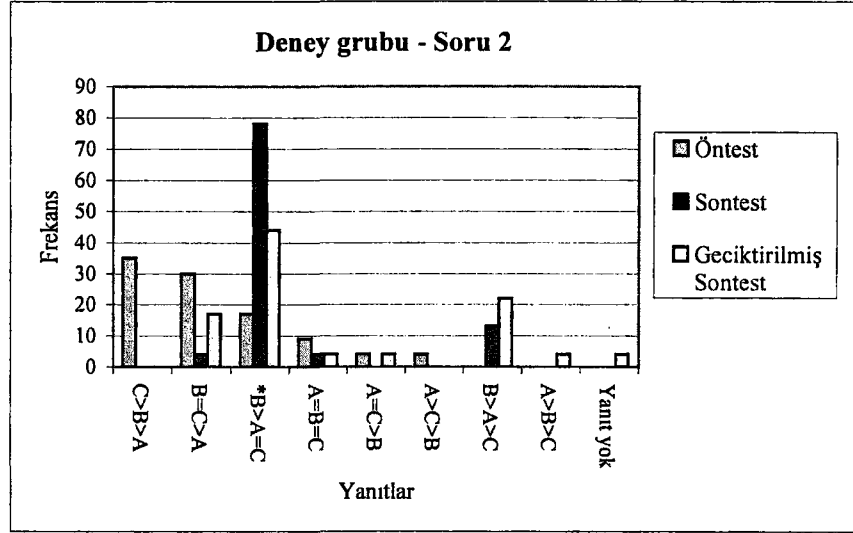
- Lamba üzerinden geçen akım değeri ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır,
- Şekil 3'teki devrede paralel bağlı iki pilin her ikisinin devreye verdiği akımın toplamı, şekil 1' deki bir pilin devreye verdiği akım kadardır. Bu yüzden A ve C lambaları üzerinden geçen akımlar eşittir,
- Şekil 2'deki iki pilin devreye verdiği toplam akım şekil 1 ve 3' deki akımların iki katıdır. Bu yüzden B lambası en parlak olacaktır.

Deney grubunda bu sorudan elde edilen çoktan seçmeli kısma ait yanıtların yüzdeleri Tablo 5.3'te ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.3 Deney grubu öğrencilerinin 2. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.

Yanıtlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
B>A=C	17.4	78.3	43.5
C>B>A	34.8	-	
B=C>A	30.4	4.3	17.4
A=B=C	8.7	4.3	4.3
A=C>B	4.3	-	4.3
A>C>B	4.3	-	-
B>A>C	-	13	21.7
A>B>C	-	-	4.3
Yanıt yok	-	-	4.3
Toplam	99.9	99.9	99.8

Gölgelendirilmiş kısımlar doğru seçenektir



Şekil 5.1 Deney grubu öğrencilerinin 2. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte verdiği çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi

Tablo 5.3 ve Şekil 5.1’de görüldüğü gibi, ön testte öğrencilerin % 17.4’ü “B>A=C” doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 82.5’i ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 34.8 ile “C>B>A”, % 30.4 ile “B=C>A” ve % 8.7 ile “A=B=C” dir.

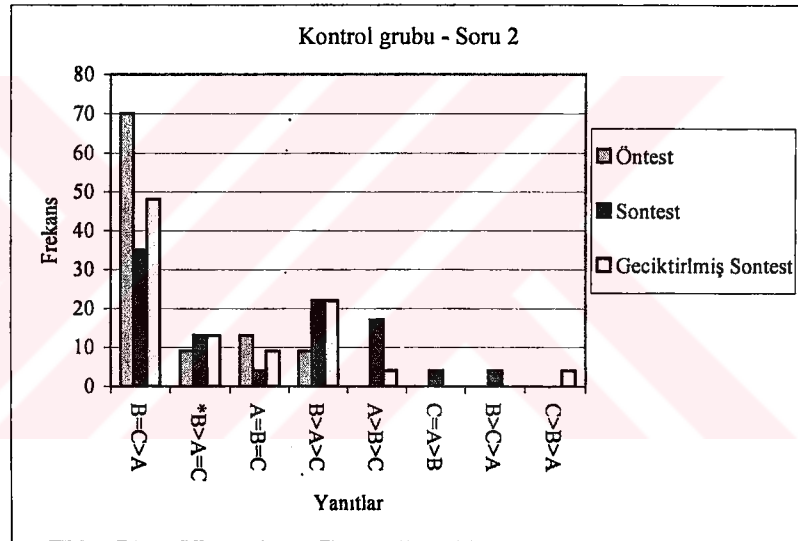
Son testte öğrencilerin % 78.2’si doğru seçeneği, % 21.7’si ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekler içinden en fazla işaretlenen % 13 ile “B>A>C” olmuştur. Ön testte öğrencilerin büyük bir çoğunluğu tarafından işaretlenen “C>B>A” ve “B=C>A” seçenekleri neredeyse son testte hiç işaretlenmemiştir. Genel olarak bakıldığında, son testte öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun doğru cevabı işaretlemesi nedeniyle, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yönlendirmede başarılı olduğu söylenebilir.

Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 43.5’i doğru seçeneği, % 52’si ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekler içinden en fazla işaretlenenler, % 21.7 ile “B>A>C” ve % 17.4 ile “B=C>A” olmuştur. Bu testte, son teste göre doğru cevap yüzdesinde bir düşme ve yanlış cevap yüzdesinde ise bir yükselme olduğu, fakat neredeyse öğrencilerin yarısının doğru seçeneği işaretlemiş olmasından dolayı, deney grubunda yapılan öğretimin 5.5 ay sonra bile öğrencileri bu soruda doğru cevaba yönlendirmede etkililiğini kısmen de olsa sürdürdüğü söylenebilir.

Kontrol grubunda bu sorudan elde edilen çoktan seçmeli kısma ait yanıtların yüzdeleri Tablo 5.4’te ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.4 Kontrol grubu öğrencilerinin 2. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş oldukları çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.

Yanıtlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
B>A=C	8.7	13	13
B=C>A	69.6	34.8	47.8
A=B=C	13	4.3	8.7
B>A>C	8.7	21.7	21.7
A>B>C	-	17.3	4.3
C=A>B	-	4.3	-
B>C>A	-	4.3	-
C>B>A	-	-	4.3
Toplam	100	99.7	99.8



Şekil 5.2 Kontrol grubu öğrencilerinin 2. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.4 ve Şekil 5.2’de görüldüğü gibi, ön testte öğrencilerin % 8.7’si “B>A=C” doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 91.3’ü ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 69.6 ile “B=C>A” ve %13 ile “A=B=C” olmuştur.

Geleneksel öğretim sonrasında uygulanan son testte öğrencilerin % 13’ü doğru seçeneği, % 86.8’i ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekler içinden en fazla işaretlenen % 34.8 ile “B=C>A”, % 21.7 ile “B>A>C” ve % 17.4 ile “A>B>C” olmuştur. Ön testte öğrencilerin büyük bir çoğunluğu tarafından işaretlenen “B=C>A” seçeneğinin yüzdesi bu testte yarı yarıya azalmıştır. Doğru cevap yüzdesinde ise belirgin bir artış gözlenmemiştir. Genel olarak bakıldığında,

son testte öğrencilerin küçük bir bölümünün doğru cevabı işaretlemesi, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yönlendirmede başarılı olmadığını göstermektedir.

Benzer bir durum geciktirilmiş son test sonuçlarıyla da ortaya çıkmaktadır. Nitekim, geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 13' ü doğru seçeneği, % 86.8' i ise yanlış seçenekleri işaretlemiştir. Yanlış seçenekler içinden en fazla işaretlenenler, % 47.8 ile " $B=C>A$ ", % 21.7 ile " $B>A>C$ " ve % 17.4 ile " $A>B>C$ " olmuştur. Bu testteki doğru ve yanlış cevap yüzdeleri son testteki ile aynı çıkmıştır. Bu durum, kontrol grubunda yapılan öğretimin, öğrencileri bu soruda doğru cevaba yönlendirmede etkili olamadığı göstermektedir.

Deney grubu öğrencilerinin 2. soruda yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.5'te sunulmuştur.

Tablo 5.5 Deneý grubu öğrencilerinin 2. soruda yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

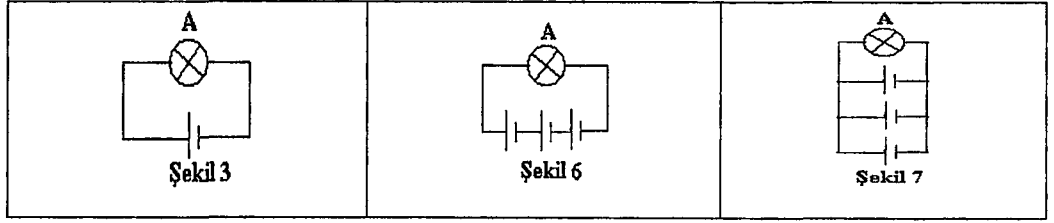
Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Pillerin bağlantı şeklini ve sayısını dikkate alarak, potansiyel farkının büyük olduğu devrede lambanın daha parlak yanacağını ifade edenler.	-	17.4	13
B	¹ Pillerin bağlantı şekillerini ve sayısını dikkate alarak, paralel bağlı pillerin tek bir pil gibi davrandığını ifade edenler.	4.3	60.9	30.4
C	¹ Pil sayısını önemseyip, piller seri bağlandığında lambanın daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	-	13	21.7
D	¹ Pil sayısı ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler.	30.4	4.3	13
D	² Pil sayısını önemseyip, piller paralel bağlandığında lambanın daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	34.8	-	4.3
D	³ Pillerin bağlantısını dirençlerin bağlantı şekliyle karıştıranlar.	13	-	-
D	⁴ Pil sayısını önemsemeyip pillere seri bağlı lambaların paralel bağlı olanlara göre daha parlak olacağını ifade edenler	8.7	-	4.3
E	¹ Lambalar özdeş olduğundan parlaklıklarının eşit olacağını ifade edenler	-	4.3	4.3
F	Kodlanamayan	8.7	-	4.3
G	Açıklama yok	-	-	4.3
	Toplam	99.9	99.9	99.6

Gölgelendirilmiş kısımlar bilimsel olarak doğru kabul edilebilen açıklamalardır.

Tablo 5.5'te de görüldüğü gibi, ön testte deney grubunda öğrencilerin % 4.3'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Öğrencilerin % 86.9'u ise bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalarda, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun pil sayısını temel alan bir düşünceye sahip oldukları görülmektedir. Örneğin bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 34.8'i, pil sayısı fazla ve paralel olanlara bağlı lambaların parlaklığının fazla olacağını ve % 30.4'ü pil sayısı fazla olan devredeki lambanın daha parlak olacağını düşünmektedirler.

Öğretim öncesi deney grubundan 9 öğrenci ile yapılan görüşmelerden elde edilen verilerin ön test sonuçlarını doğruladığı söylenebilir. Çünkü öğrenciler açıklamalarında pil sayısı üzerine devamlı olarak vurgu yapmaktadırlar.

Öğrencilere görüşmeler sırasında sunulan aşağıdaki devrelerde A lambasının parlaklığı ile ilgili olarak öğrencilerin yaptıkları açıklamada, çoğunlukla pil sayısı ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki kurdukları görülmektedir. Bununla ilgili olarak görüşmelerden elde edilen veriler aşağıda sunulmaktadır.



Görüşmecisi: Şekil 3'teki pile özdeş iki tane pil Şekil 6'daki gibi bağlanmıştır. A lambasının parlaklığı ilk duruma (Şekil 3) göre nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.

Öğrenci (20): Artar, çünkü piller fazla olduğundan daha fazla elektrik akımı geliyor (2, 7 (enerji), 9, 17, 21, 8 kodlu öğrencilerin görüşleri de 20 numaralı ile aynı doğrultudadır).

Öğrenci (23): A lambasının parlaklığı yine aynıdır. İki tane pilin olması devreyi fazla değiştirmiyor. Süresini değiştiriyor, yani daha uzun yanmasını sağlıyor.

Öğrenci (16):, yok değişmez burada.

Görüşmecisi: Neden?

Öğrenci (16): Çünkü burası artı, burası pozitif olduğu için yine aynı ısıda veriyor sonuçta. Burada akım geliyor, burada yine anahtarı söndürdüğümüzde yine şey olur. Yani yine öbürü (negatif taraf) etki etmez.

Görüşmecisi: Öbür iki pilin etkisi olmaz mı diyorsun?

Öğrenci (16): Olmaz diyorum, çünkü birbirine bağlı değil.

Görüşmecisi: Neden bağlı ama?

Öğrenci (16): Bağlı değil,

Görüşmecisi: Şekil 3'teki pile özdeş iki tane pil Şekil 7'deki gibi bağlanmıştır. A lambasının parlaklığı ilk duruma (Şekil 3) göre nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.

- Öğrenci (20): Yine artar. Çünkü burada yine aynı özdeş piller var. Piller fazla olduğu için A lambası daha parlaktır (7, 9)
- Öğrenci (8): Bu (Şekil 7) daha parlaktır hocam. Üç pilin akımı hepsi birden geçiyor. Onun için daha parlaktır (2).
- Öğrenci (16): Yani biraz daha, biraz daha fazla ışık saçar. Çünkü, ... eee ..., üç tane yüklü yani, artı pozitif verilmiş yani daha çok olur etkisi. Yani üç tane pil bağlı sayılır burada. Üç tane pilin akımı lambaya geçtiğinden daha çok.
- Öğrenci (21): Burada pil sayısı fazla olduğu için daha fazla elektrik akımı verir. Bundan dolayı lamba parlaklığı artar.
- Görüşmeci: Peki Şekil 6 ile Şekil 7 arasında bir fark var mı?
- Öğrenci (21): Var hocam bu seri olarak bağlanmış bu da paralel olarak bağlanmış hocam ondan dolayı bu daha fazla yanar.
- Görüşmeci: Neden niye seri olan daha fazla yandı?
- Öğrenci (21): Böyledir, duymuştum bir yerlerden.
- Görüşmeci: Peki bu söylediğin ifade sana mantıklı geliyor mu?
- Öğrenci (21): Bana mantıklı....
- Görüşmeci: Yani kafana yatıyor mu?
- Öğrenci (21): Yatıyor hocam, burda açıklaması Şekil 7 de paralel hocam burda dolaşarak gidiyor.
- Görüşmeci: Şekil 6'dan farkı ne oldu bunun (şekil 7)?
- Öğrenci (21): Daha fazla dolandığı için hocam. Elektrik akımı düşüyor hocam, pilin gücü azalıyor hocam.

Tablo 5.5'e göre, son testte öğrencilerin toplam % 78.3'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapabilmışlerdir. Bu tür açıklamaların yüzdesi ön testte % 4.3 iken son testte % 78.3'e çıkmıştır. Yaklaşık % 74'lük bu farkın nedeni olarak, öğrencilerin Bölüm 2 Etkinlik 3'te yaptıkları deneyler gösterilebilir. Bu etkinlikte öğrenciler, pillerin seri, ters seri, paralel ve ters paralel bağlantılarında pil sayısının değil bağlantı şeklinin ve toplam potansiyel farkının önemli olduğunun farkına vardıklarından, kendilerine öğretim sonrasında tekrar sorulan bu soruyu çoğunlukla doğru cevaplamışlardır. Ayrıca, öğrencilerin toplam % 17.4'ü, pil sayısını temel alan bir düşünceyle (C1 ve D1) açıklama yapmışlardır. Bu açıklama türünün ön testteki yüzdesine göre son testteki yüzdesinin büyük bir oranda düştüğü görülmektedir (% 65.2'den % 17.3'e düşmüştür).

Öğretim sonrası yine aynı öğrencilerle yapılan görüşmelerden, öğrencilerin fikirlerini değiştirdikleri görülmektedir. Görüşmelerden elde edilen, öğretim öncesi öğrencilerin çoğunluğu pil sayısına yöneliyorken öğretim sonrası kısmen de olsa pillerin bağlantı şeklini temel alan açıklamalar yaptıklarını göstermektedir.

Görüşmeci: Şekil 3'teki pile özdeş iki tane pil Şekil 6'daki gibi bağlanmıştır A lambasının parlaklığı ilk duruma (Şekil 3) göre nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.

Öğrenci (23): Artar, üç tane pil olduğu için. Ana kol akımı üç katına çıkar bu yüzden A lambasının parlaklığı artar (2, 7, 8, 9, 17, 20, 21).

Öğrenci (16): Biraz daha fazla yanar.

Görüşmeci: Neden?

Öğrenci (16): Pildeki akım kendisi yakar lambayı, ..., ama hımmm, biraz daha fazla yanar çünkü pilde akım bittiği için fazla yanar A lambası hımmm, burada iki tane daha pil olduğu için biraz daha fazla yanıyor.

Görüşmeci: Yani pil sayısı

Öğrenci (16): Evet etkiliyor.

Görüşmeci: Şekil 3'teki pile özdeş iki tane pil Şekil 7'deki gibi bağlanmıştır. A lambasının parlaklığı ilk duruma (Şekil 3) göre nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.

Öğrenci (23): A lambasının parlaklığı değişmez. Ana koldan geçmesi gereken akımı bunlar (piller) kendi aralarında paylaşırlar.

Görüşmeci: Şekil 3' e göre anakol akımı ne olur?

Öğrenci (23): Değişiklik olmaz, bir pilin vermiş olduğu akımı verirler.

Görüşmeci: Üçü beraber mi?

Öğrenci (23): Hı hı.

Öğrenci (9): Burada, hımmm eşit olur.

Görüşmeci: Neden?

Öğrenci (9): Çünkü bunlar piller akımı yarıya iniyor ya, seri olana göre. Bunlar yarıya inince bir pilin şeyini verdiğine göre burada bir pil vardır.

Görüşmeci: Yani bu üç pil bir tane pil görevi mi görüyor diyorsun?

Öğrenci (9): Evet.

Görüşmeci: On tane pil olsaydı?

Öğrenci (9): Hayır değişmezdi yine aynı olurdu.

Öğrenci (20): Aynı kalır. Çünkü buradan gelen akım paralel olduğu için buna şu pilin (Şekil 3) verdiği akım kadar buna parlaklığı bir pilin kadar parlaklığı kadar aynı kalır.

Görüşmeci: Ben buraya 10 tane pil ekleseydim bu şekilde A lambasının parlaklığı nasıl değişirdi?

Öğrenci (20): Aynı kalırdı.

Öğrenci (7): Artar, çünkü üç tane pil var daha fazla akım üretir.

Öğrenci (8): Artar, pillerin seri veya paralel bağlanmaları önemli değil.

Öğrenci (2): ..., hımmmm, daha azalıyor muydu? Paralelde azalıyordu galiba, pilleri paralel bağladığımızda.

Görüşmeci: Neye dayanarak söyledin bunu?

Öğrenci (2): Yaptığımız deneyden o şekilde hatırlıyorum...

Öğrenci (17): Bu da üç kat artar, hııı..., Üçte birine iner. Çünkü piller paralel bağlıdır

Görüşmeci: A lambasının parlaklığı Şekil 3'tekine göre,

Öğrenci (17): Üç kat aşağı iner. Çünkü burada piller özdeş ve paraleldir, o yüzden lambanın parlaklığına da etki eder o yüzden

Öğrenci (21): Hatırlamıyorum.

Yukarıdaki kesitlerden anlaşılacağı üzere, 23, 9, 20 numaralı öğrencilerin görüşmelerde yaptıkları açıklama ile son testte 2. soru için yaptıkları açıklamalar uyuşurken, 17 ve 2 numaralı öğrencilerin uyuşmadığı görülmüştür. Geciktirilmiş son testte, bu öğrencilerden 17 numaralı öğrencinin B düzeyinde kalmış olmasından dolayı, görüşmeler sırasında yaptığı açıklamaya tekrar bakıldığında sanki öğrencinin seri ve paralel bağlı pilleri birbiriyle karşılaştırıyormuş gibi bir izlenim edinilmiştir. Çünkü öğrenci görüşmeler sırasında yaptığı "üç kat aşağı iner. Çünkü burada piller özdeş ve paraleldir, o yüzden lambanın parlaklığına da etki eder o yüzden" şeklindeki açıklamaya benzer bir ifadeyi geciktirilmiş son testte kullanmamıştır.

Geciktirilmiş son testte ise, öğrencilerin toplam % 47.8'i, bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmışlardır. Son teste göre doğru açıklama yüzdesi yaklaşık % 25 oranında düşmüştür. Bu oran kısmen de olsa öğrencilerin bilgiyi unuttuklarını gösteren bir durumdur. Fakat ön testle kıyaslandığında aradaki fark yaklaşık % 43'tür ve öğrencilerin neredeyse yarısı doğru kabul edilebilecek türde açıklamalar yapmışlardır. Tablo 5.5'e göre, öğrencilerin toplam % 39'u, pil sayısını temel alan bir düşünceyle açıklama yapmışlardır (C1, D1 ve D2). Bu

açıklamanın yüzdesinin son testteki yüzdesine oranla bu testte biraz olsun yükseldiği fakat ön test ile karşılaştırıldığında büyük bir oranda düştüğü görülmektedir.

2. soruda deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları ($p=0.00$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçtan, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olduğu söylenebilir.

Ayrıca, deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.01$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bilginin kalıcılığı açısından düşünüldüğünde, deney grubunda yapılan öğretimin etkili olmadığı söylenebilir. Ön test ile geciktirilmiş son testin karşılaştırılmasından elde edilen istatistiksel analiz sonucu ($p= 0.01$) ise geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlardan, deney grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama bakımından etkili olduğu ve kazanılan bilginin de kısmen de olsa unutulduğu söylenebilir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 2. soruda yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.6' da sunulmaktadır.

Tablo 5.6 Kontrol grubu öğrencilerinin 2. soruda yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzye	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
B	¹ Pillerin bağlantı şekillerini ve sayısını dikkate alarak, paralel bağlı pillerin tek bir pil gibi davrandığını ifade edenler.	-	8.7	8.7
C	¹ Pil sayısını önemseyip, piller seri bağlandığında lambanın daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	26.1	43.5	26.1
C	² Pillerin bağlantı şeklini önemseyen fakat pil sayısını dikkate almayanlar.	-	4.3	-
D	¹ Pil sayısı ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler.	56.5	30.4	34.8
D	² Pil sayısını önemseyip, piller paralel bağlandığında lambanın daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	-	4.3	4.3
D	³ Tek pilli devrede enerjinin lambaya çabuk ulaşacağı için lambanın daha parlak olacağını ifade edenler.	-	-	4.3
E	¹ Lambalar özdeş olduğundan parlaklıklarının eşit olacağını ifade edenler	13	-	-
F	Kodlanamayan	-	8.7	21.7
G	Açıklama yok	4.3	-	-
	Toplam	99.9	99.9	99.9

Tablo 5.6'da görüldüğü gibi öğrencilerden hiçbiri ön testte bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamışlardır. Öğrencilerin yaptıkları yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeyi toplam % 82.6 ile, pil sayısını temel alan bir düşünceye dayalı açıklamalar yer almaktadır. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 56.5'i, pil sayısı fazla olan devredeki lambanın daha parlak olacağını ve % 26.1'i, pil sayısı fazla ve seri bağlı lambaların parlaklığının fazla olacağını düşünmektedirler.

Öğretmenin kitaba bağlı bir şekilde ve geleneksel öğretim metotlarını kullandığı bu grupta öğretim sonrasında uygulanan son test ve geciktirilmiş son testte bu soruda bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek doğru cevap yüzdesi % 8.7 olmuştur. Programda ve ders kitabında pillerin bağlantı şekilleri ile ilgili bir konu bulunmamaktadır. Öğretmen bu konuyu da öğretimine dahil etmesi istenmiştir. Üreteçlerin (pil) bağlantı şekilleri ile ilgili olarak öğretmen, bir üreteç ve bir direnç,

seri iki üreteç ve bir direnç, paralel iki üreteç ve bir direnç den oluşan üç devreyi tahtaya çizerek aşağıdaki açıklamayı yapmıştır.

“Bu üç devrede de dirençler ve üreteçler özdeştir. Yani üreteçlerin potansiyel farkları V , lambaların dirençleri ise R dir. Birinci devredeki (bir üreteç ve bir dirençten oluşan devre) üreticinin potansiyel farkı V ise, üçüncü devredeki (paralel bağlı iki üreteç ve bir direnç) paralel bağlı bu iki üreticinin toplam potansiyel farkı da yine V dir. Bu iki devrenin potansiyel farkları aynı dirençleri de aynı olduğundan devreden aynı akım geçer. İkinci devredeki (seri bağlı iki üreteç ve bir direnç) seri bağlı üreteçlerin toplam potansiyel farkı ise $2V$ ’ dir. Potansiyel farkı diğer devrelerin iki katı olduğundan devreden geçen akımda iki katıdır. Burada seri bağlı iki üreticinin toplam potansiyel farkı paralel bağlı iki üreticinin potansiyel farkının iki katıdır. Yani arkadaşlar üreteç sayısı değil onların bağlantı şekli önemlidir”. Ardından öğretmen bununla ilgili olarak seri bağlı iki üreteç ve paralel bağlı iki üreteçten oluşan devrelerdeki (farklı dirençli) akım değerlerinin nasıl bulunacağını sınıfa sormuştur. Bir öğrenci tahtaya kalkarak soruyu doğru bir şekilde çözmüştür.

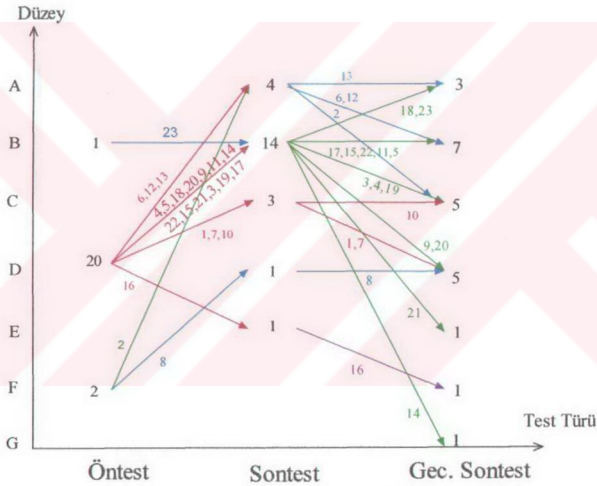
Öğretim sonrasında öğrencilerin 2. soru için yaptıkları açıklamalarda kısmen de olsa değişiklikler olmuştur. Örneğin “pil sayısını önemseyip piller paralel bağlandığında lambanın daha fazla ışık vereceğini ifade edenler” kategorisindeki öğrenci yüzdesi % 56.5’ten son testte % 30.4’e ve geciktirilmiş son testte ise % 34.8’e gerilemiştir. Bu kategorideki yüzdeler düşerken, “pil sayısını önemseyip, piller seri bağlandığında lambanın daha fazla ışık vereceğini ifade edenler” kategorisindeki öğrenci yüzdesi % 26.1’den son testte % 43.5’e çıkmıştır. Geciktirilmiş son testte ise, bu kategorideki yüzde yine % 26.1 olmuştur.

2. soruda kontrol grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.09$) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Benzer bir durum son test-geciktirilmiş son test ($p= 0.13$) ve ön test-geciktirilmiş son testte de ($p= 0.86$) bulunmaktadır. Bu durum, kontrol grubunda yapılan öğretimin son test ve geciktirilmiş son testte öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testten ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları, son test ($p= 0.00$) ve geciktirilmiş son testin ($p= 0.01$) her ikisinde de deney grubu lehine anlamlı bir

farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlara göre, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre hem kavramsal anlama hem de bilginin kalıcılığı açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

Kavramsal Değişimin İncelenmesi: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testte 2. soruda buldukları düzeyleri ve düzeyler arası geçişlerini gösteren şekiller aşağıda sunulmaktadır. Bu kısım, gruplarda hangi öğrencilerin kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştirdiği ve her iki grubun kavramsal değişim açısından değerlendirilmesi ile ilgili bilgileri içermektedir.



Şekil 5.3 Deney grubu öğrencilerinin her birinin, 2. soruda ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.

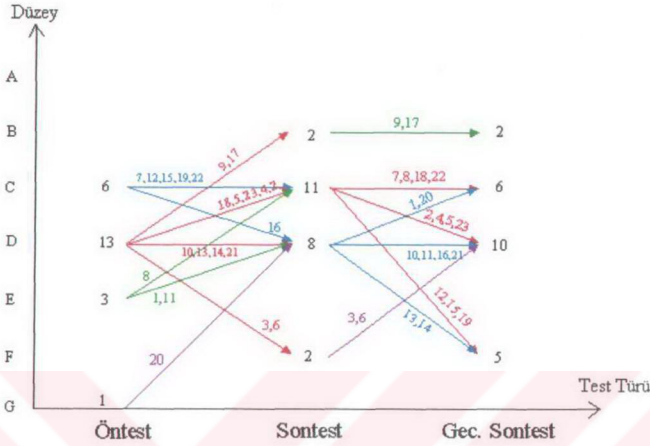
Şekil 5.3 incelendiğinde, ön testte D düzeyinde, son testte B, A, C düzeylerinde ve geciktirilmiş son testte B, C, D, A düzeylerinde yığılmalar olduğu göze çarpmaktadır.

Ön testte D düzeyinde olan 6, 12, 13 numaralı öğrenciler ile F düzeyinde bulunan 2 numaralı öğrencinin son testte A düzeyine ve ön testte D düzeyinde bulunan 4, 5, 18, 20, 9, 11, 14, 22, 15, 21, 3, 12, 17 numaralı öğrencilerin ise B düzeyine çıktıkları görülmektedir. Son testte A ve B düzeylerinde bulunan 6, 12, 13, 18, 23, 17, 15, 22, 11, 5 ve 19 numaralı öğrencilerin geciktirilmiş son testte yine bu

düzeylerde kalmalarından dolayı bu öğrencilerden 23 numaralı öğrenci hariç diğerlerinin görüşlerinde kalıcı kavramsal değişim olduğu söylenebilir. 23 numaralı öğrenci ise ön test ve son testte B, geciktirilmiş son testte ise A düzeyinde bulunmaktadır. Yani bu öğrenci her üç testte de bilimsel olarak doğru kabul edilen düzeylerde bulunmaktadır. Örnek olarak, kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştirenler içerisinde yer alan 11 numaralı öğrenci ön testte “paralel bağlı olanlarda lambalar daha çok ışık verir” şeklinde bir düşünceye sahipken, son test ve geciktirilmiş son testte bu düşüncesini bırakarak bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmıştır. Bu açıklamalar son testte “*Piller seri bağlandığı zaman lamba daha çok ışık verir. Paralel bağlanırsa bir pilin verdiği akım kadar ışık verir*” ve geciktirilmiş son testte ise “*C paralel olduğu için A kadar ışık verir. B ise seri olduğu için A ve C’ nin iki katı ışık verir*” şeklindedir.

Öte yandan, son testte A ve B düzeyinde bulunan 2, 3, 4, 9, 20, 21, 14 numaralı öğrencilerin geciktirilmiş son testte C, D, E, G düzeylerine inmelerinden dolayı bu öğrencilerin son testte alternatif fikirlerinde meydana gelen değişimin kalıcı olmadığı söylenebilir. Örnek olarak, bu grup içerisinde yer alan 3 numaralı öğrenci ön testte “*Şekil 1’deki lamba tek bir pille yandığı için daha çok ışık verir. Şekil 2’deki lamba seri bağlı olduğu için Şekil 1’den daha az ışık verir. Şekil 3’teki lamba paralel olduğu için daha çok ışık verir*” şeklinde yanlış olarak sınıflandırılan (D düzeyi) bir açıklama yapmışken son testte bu düşüncesini bırakarak “*B, A’dan daha büyüktür çünkü piller seri bağlandığından dolayı. A da C’ye eşittir çünkü piller paralel bağlıdır. Paralel bağlı devreyle A lambası birbirine eşittir*” şeklindeki doğru (B düzeyi) kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Geciktirilmiş son testte ise bu öğrenci “*B seri bağlı olduğundan daha çok parlaklık vermektedir. A’da seri olduğundan B’den daha az ışık verir. C’de paralel olduğundan daha az akım geçeceğinden daha az ışık verir*” şeklinde yanlış (C düzeyi) kabul edilebilecek bir açıklama yapmıştır.

Ön testte D düzeyinde bulunan 6, 12, 13, 18, 17, 15, 22, 11, 5 ve 19 numaralı öğrencilerin son test ve geciktirilmiş son testteki düzeylerine bakıldığında A veya B düzeylerinden birisine geçmiştir. Bu nedenle bu öğrencilerin alternatif fikirlerinde bilimsel olarak doğru kabul edilen düşünce biçimine doğru kalıcı bir değişim geçirdiği söylenebilir.



Şekil 5.4 Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin, 2. soruda ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.

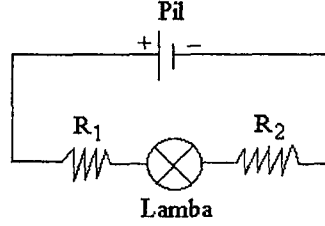
Şekil 5.4 incelendiğinde, ön testte, son testte ve geciktirilmiş son testte öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun D ve C düzeyinde olduğu görülmektedir.

Ön testte D düzeyinde olan 9 ve 17 numaralı öğrencilerin son testte B düzeyine çıktıkları görülmektedir. Geciktirilmiş son testte yine 9 ve 17 numaralı öğrencilerin B düzeyinde kalmalarından dolayı bu öğrencilerin görüşlerinde kalıcı bir kavramsal değişim olduğu söylenebilir.

Deney grubunda 11, kontrol grubunda ise 2 öğrenci son test ve geciktirilmiş son testte A veya B düzeyinde kalmışlardır. Bu durum deney grubunda Bölüm 2 Etkinlik 3'te gerçekleştirilen öğretim etkinliklerinin kavramsal değişimde etkili olduğunu göstermektedir.

3. Soru

Aşağıdaki soru basit bir elektrik devresinde yapılan değişiklikleri içermektedir. Lütfen her bir durum için seçtiğiniz cevabın yanına X işareti koyarak ilgili seçeneği neden işaretlediğinizi açıklayınız.



a) Eğer R_1 azaltılırsa, lambanın parlaklığı;

ARTAR

AZALIR

AYNI KALIR

Açıklamanız:

b) Eğer R_2 arttırılırsa, lambanın parlaklığı;

ARTAR

AZALIR

AYNI KALIR

Açıklamanız:

c) Eğer R_1 arttırılırsa, lambanın parlaklığı;

ARTAR

AZALIR

AYNI KALIR

Açıklamanız:

d) Eğer R_2 azaltılırsa, lambanın parlaklığı;

ARTAR

AZALIR

AYNI KALIR

Açıklamanız:

Bu soru, bir pil, bir lamba ve iki direncin olduğu bir devreden oluşmaktadır. Öğrencilerden lambanın her iki yanında bulunan dirençlerden herhangi birinin değerinin azaltılması veya arttırılması durumunda lambanın parlaklığının bu değişiklikten nasıl etkileneceği ile ilgili olarak kendilerine verilen seçeneklerden birini seçmeleri ve bu seçimlerini doğrulayıcı açıklama yapmaları istenilmektedir. Bu soru ile, öğrencilerin, her bir durumda lambanın parlaklığı ile ilgili yaptıkları tahmin ve açıklamalarından görüşlerini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Bu sorunun a şıkkı için doğru seçenek artar, b şıkkı için azalır, c şıkkı için azalır ve d şıkkı için artar olacaktır. R_1 veya R_2 dirençlerinin değeri arttırıldığında, bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamanın basamakları aşağıda sıralanmıştır:

- Devrenin eşdeğer direnci artar;
- Ohm yasasına göre devreden geçen akım azalır;
- Lambanın üzerinden geçen akım ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Sonuç olarak akım azaldığı için lambanın parlaklığı da azalır.

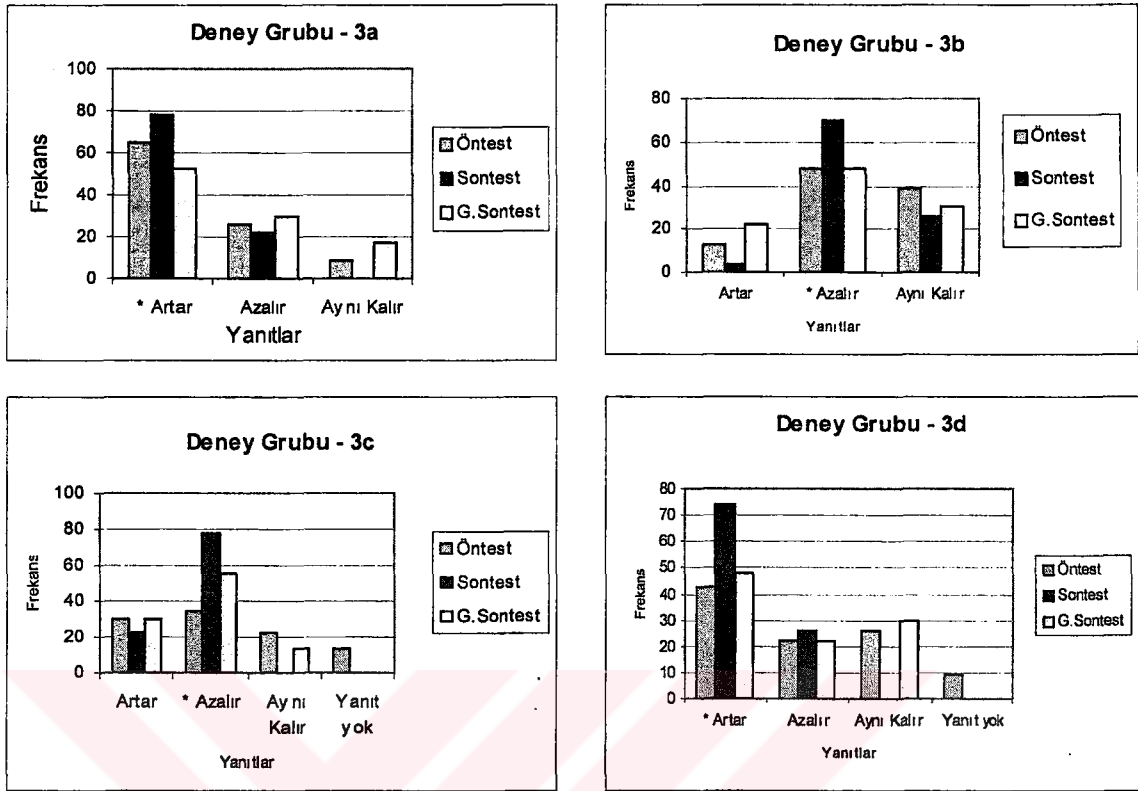
R_1 veya R_2 dirençlerinin değeri azaltıldığında, bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamanın basamakları aşağıda sıralanmıştır:

- Devrenin eşdeğer direnci azalır;
- Ohm yasasına göre devreden geçen akım artar;
- Lambanın üzerinden geçen akım ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Sonuç olarak akım arttığı için lambanın parlaklığı da artar.

Deney grubunda bu sorudan elde edilen çoktan seçmeli kısma ait yanıtların yüzdeleri Tablo 5.7’de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.5’te gösterilmiştir.

Tablo 5.7 Deney grubu öğrencilerinin 3. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri

	Yanıtlar	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
a	Artar	65.2	78.3	52.2
	Azalır	26.1	21.7	30.4
	Aynı Kalır	8.7	-	17.4
	Toplam	100	100	100
b	Artar	13	4.3	21.7
	Azalır	47.8	69.6	47.8
	Aynı Kalır	39.1	26.1	30.4
	Toplam	99.9	100	99.9
c	Artar	30.4	21.7	30.4
	Azalır	34.8	78.3	56.5
	Aynı Kalır	21.7	-	13
	Yanıt yok	13	-	-
	Toplam	99.9	100	99.9
d	Artar	43.5	73.9	47.8
	Azalır	21.7	26.1	21.7
	Aynı Kalır	26.1	-	30.4
	Yanıt yok	8.7	-	-
	Toplam	100	100	99.9



Şekil 5.5 Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun a, b, c, d şıklarında; ön test, son test ve geciktirilmiş son teste vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.7 ve Şekil 5.5'te görüldüğü gibi öğrencilerin, ön testte sorunun a şıkında % 65.2'si, b şıkında % 47.8'i, c şıkında % 34.8'i ve d şıkında % 43.5'i doğru olan seçenekleri işaretlemişlerdir. Ön testte öğrencilerin yaptıkları açıklamalara bakıldığında, a ve b şıklarında öğrencilerin % 4.3'ü doğru bir açıklama yapabilmisti. c ve d şıklarında ise, hiçbir öğrenci doğru açıklamayı yapamamıştır. Seçeneklerin işaretlenme yüzdesinin yüksekliği ve doğru açıklamaların yüzdesinin (bkz. Tablo 5.9-5.10-5.11-5.12) çok düşük olması, öğrencilerin ön testte tesadüfen doğru cevabı işaretlediklerini gösteren bir durum olabilir.

Son testte sorunun a şıkında % 78.3'ü, b şıkında % 69.6'sı, c şıkında % 78.3'ü ve d şıkında % 73.9'u doğru olan seçenekleri işaretlemişlerdir. Genel olarak bakıldığında, son testte sorunun bütün şıklarında öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun doğru cevabı işaretlemesi, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu soruda doğru seçeneği işaretlemeye yöneltmede başarılı olduğunu göstermektedir.

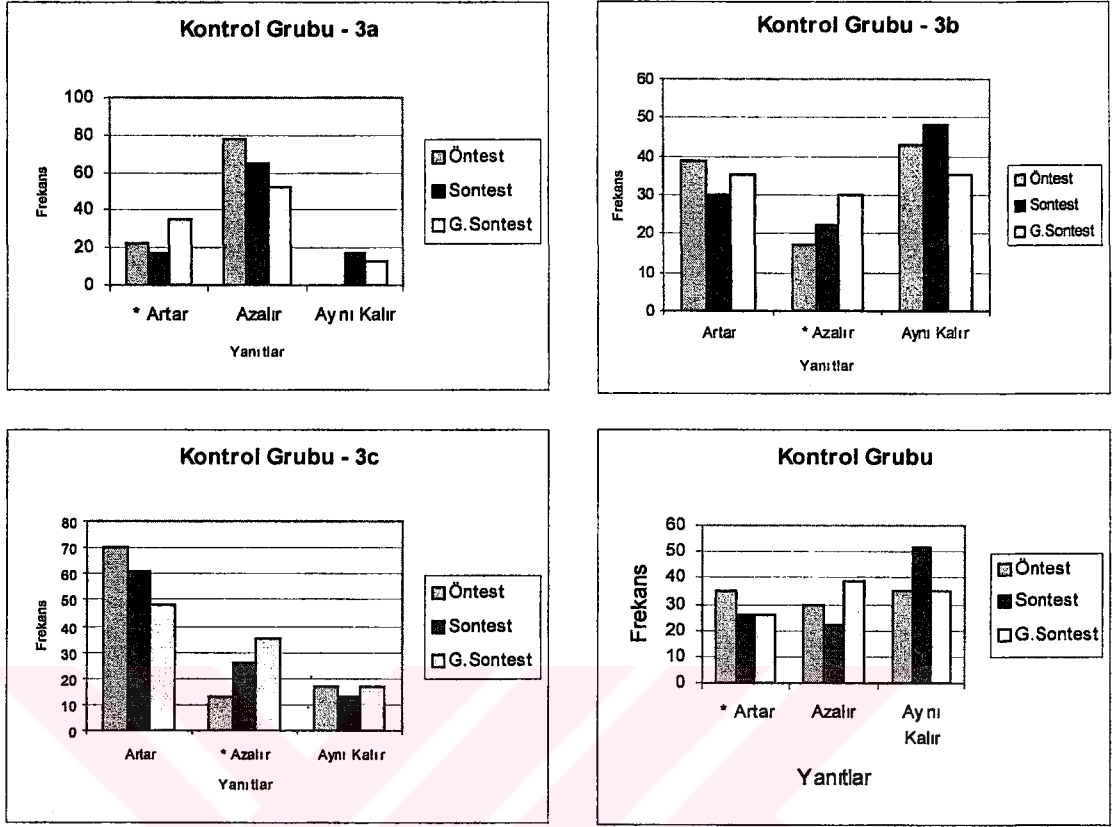
Geciktirilmiş son testte ise sorunun a şıkında % 52.2'si, b şıkında % 47.8'i, c şıkında % 56.5'i ve d şıkında % 47.8'i doğru olan seçenekleri işaretlemişlerdir.

Bu testte, son teste göre doğru cevap yüzdesinde bir düşme olduğu görülmektedir. Öğrencilerin yaptıkları açıklamalara bakıldığında ise, a, b ve d şıklarında öğrencilerin % 39'u, c şikkında % 44'ü doğru açıklamayı yapmıştır. Kısmen de olsa doğru seçeneği işaretleme ve doğru açıklamayı yapma yüzdesinde bir tutarlılık olduğu görülmektedir.

Kontrol grubunda bu sorudan elde edilen çoktan seçmeli kısma ait yanıtların yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.8'de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.8 Kontrol grubu öğrencilerinin 3. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.

	Yanıtlar	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
a	* Artar	21.7	17.4	34.8
	Azalır	78.3	65.2	52.2
	Aynı Kalır	-	17.4	13
	Toplam	100	100	100
b	Artar	39.1	30.4	34.8
	* Azalır	17.4	21.7	30.4
	Aynı Kalır	43.5	47.8	34.8
	Toplam	100	99.9	100
c	Artar	69.6	60.9	47.8
	* Azalır	13	26.1	34.8
	Aynı Kalır	17.4	13	17.4
	Toplam	100	100	100
d	* Artar	34.8	26.1	26.1
	Azalır	30.4	21.7	39.1
	Aynı Kalır	34.8	52.2	34.8
	Toplam	100	100	100



Şekil 5.6 Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun a,b,c,d şıklarında; ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.8 ve Şekil 5.6'da da görüldüğü gibi, öğrencilerin ön testte sorunun a şıkında % 21.7'si, b şıkında % 17.4'ü, c şıkında % 13'ü ve d şıkında % 34.8'i doğru olan seçenekleri işaretlemişlerdir. Ön testte öğrencilerin çoğunluğunun sorunun bütün şıklarında yanlış seçenekleri işaretledikleri görülmektedir.

Son testte sorunun a şıkında öğrencilerin % 17.3'ü, b şıkında % 21.7'si, c ve d şıklarında % 26.1'i doğru olan seçenekleri işaretlemişlerdir. Bu yüzdeler, son testte de sorunun bütün şıklarında öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun yanlış seçenekleri işaretlediğini göstermektedir. Bu çerçevede, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltmede başarılı olmadığı söylenebilir.

Geciktirilmiş son testte ise, sorunun a şıkında öğrencilerin % 34.8'i, b şıkında % 30.4'ü, c şıkında % 34.8'i ve d şıkında % 26.1'i doğru olan seçenekleri işaretlemişlerdir. Bu sonuçlar, a, b, c şıklarında ön test ve son testte kıyasla doğru seçeneği işaretleme yüzdesinde bir artış olduğunu ortaya koymaktadır. Öğrencilerin açıklamalarına bakıldığında ise sadece c şıkında öğrencilerin % 4.3'ü doğru açıklamayı yapmıştır. Diğer şıklarda ise, doğru açıklamayı hiçbir öğrenci

yapamamıştır. Doğru seçeneği işaretleme ve doğru açıklamayı yapma yüzdelerinde tutarsızlık olması, öğrencilerin geciktirilmiş son testte tesadüfen doğru cevabı işaretlediklerini gösteren bir durum olabilir.

Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun a şıkkı için yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.9’da sunulmuştur.

Tablo 5.9 Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzye	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Direnc azaltıldığında devreden geçen akımın artacağını ve bunun sonucu olarak ta lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	4.3	34.8	26.1
B	¹ Direnc azalırsa lambanın parlaklığı artar.	-	34.8	17.4
C	¹ R_1 azaltıldığında lambaya daha fazla akım geçeceğini ifade edenler (R_1 lambadan önce olduğu için lambanın parlaklığını etkiler).	34.8	8.7	8.7
C	² R_1 direnci azaltılırsa lambaya daha az akım gelir ve parlaklığı azalır.	8.7	13	21.7
D	¹ R_1 direnci pilin pozitif tarafında olduğundan değeri azaltılırsa lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler.	13	8.7	4.3
D	² R_1 direnci azaltılırsa lambanın parlaklığının aynı kalacağını ifade edenler. (R_1 lambadan sonra gelmektedir – akımın yönü - den + ya doğru).	4.3	-	4.3
D	³ R_1 ’ in azaltılması ile pilin enerjisini fazla tüketmeyeceğini bu yüzden de lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	4.3	-	-
E	¹ Direnc ile lambanın bir alakası olmadığını ve ne yapılsa yapılsın parlaklığın değişmeyeceğini ifade edenler.	-	-	4.3
F	Kodlanamayan	21.7	-	13
G	Açıklama yok	8.7	-	-
	Toplam	99.8	100	99.8

Tablo 5.9’da da görüldüğü gibi, R_1 direnci azaltıldığında lambanın bu değişimden nasıl etkileneceği sorusuna ön testte deney grubunda öğrencilerin %

4.3'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Öğrencilerin toplam % 65.1'i ise bilimsel olarak doğru kabul edilemeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 34.8'i, R_1 direncinin lambadan önce olmasını dikkate alarak (akımın yönünü + dan - ye doğru olarak düşünülmektedir), bu direncin lambanın parlaklığını etkileyeceğini ve azaltıldığında lambaya daha fazla akım geçeceği için parlaklığın artacağını ifade etmektedirler. Öğrencilerin buradaki akıl yürütmeleri, seri bir devrede lambanın önünde yapılan bir değişikliğin lambanın parlaklığını etkileyeceği fakat lambadan sonra gelen bir yerde yapılan değişikliğin lambanın parlaklığını etkilemeyeceği şeklindedir (bu akıl yürütme literatürde "sequential reasoning" olarak ifade edilmektedir). Öğrencilerin % 13'ü, R_1 direncinin pilin pozitif tarafında olmasını dikkate alarak, değeri azaltıldığında lambanın parlaklığının da azalacağını düşünmektedirler. Ayrıca öğrencilerin % 8.7'si, R_1 direncinin değeri azaltıldığında, lambaya daha az akım geleceğini ve lambanın daha az yanacağını ifade etmektedir. Bu öğrencilerin azalma azalmayı doğurur şeklinde bir akıl yürütme ile, devrede yapılan değişikliğin bir devre elemanının değerinin azaltılması olduğundan bu azaltılmanın sonucunda da lambanın parlaklığının azalacağını düşündükleri söylenebilir.

Son testte öğrencilerin toplam % 69.6'sı bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklama yapmıştır. Doğru açıklamayı yapan öğrenci yüzdesinin ön teste kıyasla büyük bir oranda arttığı görülmektedir. Yüksek orandaki bu yükselmenin sebebi olarak, elektrik devrelerinin davranışının, öğrencilerin öğretim öncesinde yaptıkları açıklamaya uymadığını, bir bütün olarak öğretimin tamamlanmasından sonra öğrencilerin çoğunluğunun elektrik devrelerinin davranışının ohm yasasına uyduğunun farkına varmaları gösterilebilir. Ayrıca ön testte öğrencilerin % 34.8'i tarafından ifade edilen " R_1 azaltıldığında lambaya daha fazla akım geçer" kategorisinin yüzdesi bu testte büyük bir oranda düşmüştür.

Geciktirilmiş son testte ise, öğrencilerin toplam % 43.5'i, bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. " R_1 azaltıldığında lambaya daha fazla akım geçer" kategorisinin yüzdesi bu testte % 8.7 olmuştur. Ön testte kıyaslandığında bu fikrin büyük bir oranda azaldığı görülmektedir. Bu testte yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeye sahip olan (%21.7) " R_1 direnci azaltılırsa lambaya daha az akım gelir ve parlaklığı azalır" ifadesidir. Bu ifade, ön testte

öğrencilerin % 8.7'si ve son testte % 13'ü tarafından belirtilmişken bu oranların geciktirilmiş son testte yaklaşık olarak ön teste kıyasla üç kat ve son testte kıyasla iki kat arttığı görülmektedir. Son teste kıyasla bu testte, doğru açıklama yüzdesinde büyük bir oranda düşme olduğu görülmektedir. Bu düşüş, kısmen de olsa öğrencilerin bilgiyi unuttuklarını gösteren bir durumdur.

Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun b şıkkı için yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.10'da sunulmuştur.

Tablo 5.10 Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun b şıkkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Direnç artarsa devreden geçen akımın azalacağını ve bunun sonucu olarak ta lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler.	4.3	34.8	21.7
B	¹ Direnç artarsa lambanın parlaklığı azalır.	-	34.8	17.4
C	¹ Direnç artarsa devreden geçen akımında artacağını ve lambanın parlaklığının da artacağını ifade edenler.	8.7	-	17.4
D	¹ R ₂ lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemeyeceğini ifade edenler.	17.4	26.1	21.7
D	² R ₂ arttırıldığında akımın (veya elektriğin) geçmesi zorlaşacağı için lambanın parlaklığının azalacağını ifd. ed.	21.7	4.3	4.3
D	³ R ₂ direnci pilin negatif tarafında olduğundan değeri arttırılırsa lambanın parlaklığının azalacağını ifd. ed.	8.7	-	-
D	⁴ R ₂ lambadan önce geldiği için değeri arttırılırsa lambanın parlaklığının da artacağını ifade edenler.	4.3	-	-
D	⁵ R ₂ ' nin arttırılması ile pilin enerjisini fazla tüketeceğini bu yüzden de lambanın parlaklığının azalacağını ifd. ed.	4.3	-	-
E	¹ Direnç ile lambanın bir alakası olmadığını ve ne yapılırsa yapılsın parlaklığın değişmeyeceğini ifade edenler.	-	-	4.3
F	Kodlanamayan	26.1	-	8.7
G	Açıklama yok	4.3	-	4.3
	Toplam	99.8	100	99.8

Tablo 5.10'da da görüldüğü gibi, R₂ direnci arttırıldığında lambanın bu değişimden nasıl etkileneceği sorusuna ön testte deney grubunda öğrencilerin %

4.3'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Öğrencilerin % 65.1'i ise bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeye sahip olan açıklamalar, % 21.7 ile “ R_2 arttırıldığında akımın (veya elektriğin) geçmesi zorlaşacağı için lambanın parlaklığı azalır” ve % 17.4 ile “ R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez (sequential reasoning)” ifadeleridir.

Son testte öğrencilerin toplam % 69.6'sı bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Ön test ile kıyaslandığında, doğru açıklamayı yapan öğrenci yüzdesi büyük bir oranda arttığı görülmektedir. Yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeye sahip olan açıklama % 26.1 ile “ R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez” olmuştur. Ön testte % 17.4 olan bu ifadenin yüzdesi son testte kısmen de olsa artmıştır.

Geciktirilmiş son testte ise, öğrencilerin toplam % 39.1'i, bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. “ R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez” ifadesinin yüzdesi son testteki gibi % 21.7 olmuştur. Ayrıca öğrencilerin % 17.4'ü “direnç artarsa devreden geçen akım artar ve sonuç olarak lambanın parlaklığı da artar” ifadesini kullanmışlardır. Son teste göre doğru açıklama yüzdesinde büyük bir oranda düşme olduğu görülmektedir. Bu düşüş, kısmen de olsa öğrencilerin bilgiyi unuttuklarını gösteren bir durumdur.

Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun c şıkkı için yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.11'de sunulmuştur.

Tablo 5.11 Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun c şikkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Direnc artırıldığında devreden geçen akımın azalacağını ve bunun sonucu olarak ta lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler.	-	34.8	26.1
B	¹ Direnc artırıldığında lambanın parlaklığı azalır	-	34.8	17.4
C	¹ R_1 artırıldığında lambaya daha az akım geçeceğini ifade edenler (R_1 lambadan önce olduğu için lambanın parlaklığını etkiler).	30.4	8.7	13
C	² R_1 direnci artırıldığında lambaya daha fazla akım geçeceğini ve parlaklığın artacağını ifade edenler.	8.7	13	17.4
D	¹ R_1 direnci pilin pozitif tarafında olduğundan değeri arttırılırsa lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	13	8.7	4.3
D	² R_1 direnci arttırılırsa lambanın parlaklığının aynı kalacağını ifade edenler. (R_1 lambadan sonra gelmektedir - akımın yönü - den + ya doğru).	4.3	-	4.3
D	³ R_1 ' in arttırılması ile pilin enerjisini fazla tüketeceğini bu yüzden de lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler.	4.3	-	-
E	¹ Direnc ile lambanın bir alakası olmadığını ve ne yapılırsa yapılsın parlaklığın değişmeyeceğini ifade edenler.	-	-	4.3
F	Kodlanamayan	26.1	-	8.7
G	Açıklama yok	13	-	4.3
	Toplam	99.8	100	99.8

Tablo 5.11'de de görüldüğü gibi, R_1 direnci arttırıldığında lambanın bu değişimden nasıl etkileneceği sorusuna ön testte deney grubunda öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Öğrencilerin % 60.7'si ise, bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 30.4'ü, R_1 direncinin lambadan önce olmasını dikkate alarak (akımın yönünü +'dan -'ye doğru olarak düşünülmektedir), bu direncin lambanın parlaklığını etkileyeceğini ve arttırıldığında lambaya daha az akım geçeceği için parlaklığın azalacağını ifade etmektedirler. Öğrencilerin % 13'ü, R_1 direncinin pilin pozitif tarafında olmasını dikkate alarak, değeri arttırıldığında lambanın parlaklığının da artacağını düşünmektedirler. Ayrıca

öğrencilerin % 8.7'si, R_1 direncinin değeri arttırıldığında, lambaya daha fazla akım geleceğini ve lambanın daha fazla ışık vereceğini ifade etmektedir. Bu öğrencilerin artış artışı doğurur şeklinde bir akıl yürütme ile, devrede yapılan değişikliğin bir devre elemanının değerinin artırılması olduğundan ve bu artışın sonucunda da lambanın parlaklığının artacağını düşündükleri söylenebilir.

Son testte öğrencilerin toplam % 69.6'sı bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Öğrencilerin toplam % 30.4'ü ise yanlış olarak sınıflandırılan açıklamaları yapmışlardır. Ön testte öğrencilerin % 30.4'ü tarafından ifade edilen “ R_1 arttırıldığında lambaya daha az akım geçer (R_1 lambadan önce olduğu için lambanın parlaklığını etkiler)” kategorisinin yüzdesi bu testte büyük bir oranda düşerek % 4.3'e gerilemiştir.

Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 43.5'i, bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. C1 kategorisinin (sequential reasoning) yüzdesi bu testte % 13 olmuştur. Ön testle kıyaslandığında bu fikrin büyük bir oranda azaldığı görülmektedir. Bu testte yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeye sahip olan (% 17.4) “ R_1 direnci arttırılırsa lambaya daha fazla akım gelir ve parlaklığı artar” ifadesidir. Bu ifadenin ön test ve son testte yüzdesi % 8.7 iken geciktirilmiş son testte iki kat arttığı görülmektedir. Son test ile kıyaslandığında doğru açıklama yüzdesinde büyük bir oranda düşme olduğu görülmektedir. Bu düşüş, kısmen de olsa öğrencilerin bilgiyi unuttuklarını gösteren bir durumdur.

Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun d şıkkı için yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.12'de sunulmuştur.

Tablo 5.12 Deney grubu öğrencilerinin 3. sorunun d şikkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Direnc azaltılırsa devreden geçen akımın artacağını ve bunun sonucu olarak ta lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	-	34.8	21.7
B	¹ Direnc azalırsa lambanın parlaklığı artar.	-	34.8	17.4
C	¹ Direnc azalırsa devreden geçen akımında azalacağını ve lambanın parlaklığının da azalacağını ifade edenler.	8.7	-	17.4
C	² R_2 lambadan önce geldiği için değeri azaltılırsa lambaya daha çok akım geleceğini ifade edenler.	4.3	-	-
D	¹ R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemeyeceğini ifade edenler.	17.4	30.4	21.7
D	² R_2 azaltıldığında akımın (veya elektriğın) geçmesi kolaylaşacağı için lambanın parlaklığının artacağını ifd. ed.	17.4	-	4.3
D	³ R_2 direnci pilin negatif tarafında olduğundan değeri azaltılırsa lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	8.7	-	-
D	⁴ R_2 ' nin azaltılması ile pilin enerjisini fazla tüketmeyeceğini bu yüzden de lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler	4.3	-	-
E	¹ Direnc ile lambanın bir alakası olmadığını ve ne yapılırsa yapılsın parlaklığın değişmeyeceğini ifade edenler.	-	-	4.3
F	Kodlanamayan	26.1	-	4.3
G	Açıklama yok	13	-	8.7
	Toplam	99.9	100	99.8

Tablo 5.12'de de görüldüğü gibi, R_2 direnci azaltıldığında lambanın bu değişimden nasıl etkileneceği sorusuna ön testte deney grubunda öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Öğrencilerin % 60.8'i ise bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeye sahip olan açıklamalar, % 17.4 ile " R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez (sequential reasoning)", " R_2 azaltıldığında akımın (veya elektriğın) geçmesi kolaylaşacağı için lambanın parlaklığının artar" ifadeleri ve % 8.7 ile " R_2 direnci pilin negatif tarafında olduğundan değeri azaltılırsa lambanın parlaklığı artar" ve

“direnç azalır sa devreden geçen akım da azalır ve lambanın parlaklığı da azalır” ifadeleri olmuştur.

Son testte öğrencilerin toplam % 69.6’sı bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. n test ile kıyaslandığında, doğru açıklamayı yapan ğrenci yzdesinin büyük bir oranda arttığı görülmektedir. Bu testte yanlış açıklamaların hepsi % 30.4 ile “R₂ lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez (sequential reasoning)” olmuştur. n testte % 17.4 olan bu ifadenin yzdesi son testte kısmen de olsa artmıştır.

Geciktirilmiş son testte ise, öğrencilerin toplam % 39.1’i, bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. “R₂ lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez (sequential reasoning)” ifadesinin yzdesi son testte kıyasla çok azda olsa düşmüştür. Ayrıca ğrencilerin % 17.4’ “direnç azalır sa devreden geçen akımında azalır ve lambanın parlaklığı da azalır” ifadesini kullanmışlardır. Bu ifadenin son testte hiçbir ğrenci tarafından kullanılmaması ve ardından geciktirilmiş son testte n teste kıyasla yzdesinin iki kat artması ilginç bir durum olarak gözükmektedir. Son teste göre doğru açıklama yzdesinde büyük bir oranda düşme olduğu görülmektedir. Bu düşüş, kısmen de olsa öğrencilerin bilgiyi unuttuklarını gösteren bir durumdur.

3. soruda deney grubu ğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları (p=0.00) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçtan, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olduğu söylenebilir.

Deney grubu ğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu (p=0.01) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bilginin kalıcılığı açısından düşünüldüğünde, deney grubunda yapılan öğretimin etkili olmadığı söylenebilir. n test ile geciktirilmiş son testin karşılaştırılmasından elde edilen istatistiksel analiz sonucu (p= 0.01) ise geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlardan, deney grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama bakımından etkili olduğu ve kazanılan bilginin de kısmen de olsa unutulduğu söylenebilir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.13'te sunulmuştur.

Tablo 5.13 Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Direnc azaltıldığında devreden geçen akımın artacağını ve bunun sonucu olarak ta lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	8.7	-	-
C	¹ R ₁ azaltıldığında lambaya daha fazla akım geçeceğini ifade edenler (R ₁ lambadan önce olduğu için lambanın parlaklığını etkiler).	4.3	17.4	26.1
D	¹ R ₁ direnci azaltıldığında akımında azalacağını ve bu yüzden lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler.	30.4	30.4	47.8
D	² R ₁ azaltıldığında lambaya daha az akım geçeceğini ifade edenler (R ₁ lambadan önce olduğu için lambanın parlaklığını etkiler).	13	4.3	-
D	³ R ₁ direnci pilin pozitif tarafında olduğundan değeri azaltılırsa lambanın parlaklığının da <u>azalacağını</u> ifade edenler.	4.3	17.4	4.3
D	⁴ R ₁ direnci pilin pozitif tarafında olduğundan değeri azaltılırsa lambanın parlaklığının <u>artacağını</u> ifade edenler.	8.7	-	-
D	⁵ R ₁ direnci azaltılırsa lambanın parlaklığının aynı kalacağını ifade edenler. (R ₁ lambadan sonra gelmektedir – akımın yönü - den + ya doğru).	-	8.7	-
D	⁶ R ₁ ' in azaltılması ile pilin zayıflayacağını ve lambanın daha az yanacağını ifade edenler.	4.3	-	-
F	Kodlanamayan	26.1	21.7	21.7
	Toplam	99.8	99.9	99.9

Tablo 5.13'de de görüldüğü gibi, R₁ direnci azaltıldığında lambanın bu değişimden nasıl etkileneceği sorusuna ön testte kontrol grubunda öğrencilerin % 8.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Öğrencilerin % 65'i ise bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 30.4'ü, R₁ direncinin değeri azaltıldığında, lambaya daha az akım geleceğini ve lambanın da daha az yanacağını

ifade etmektedir. Öğrencilerin toplam % 17.3'ü, R_1 direncinin lambadan önce olmasını dikkate alarak (akımın yönünü + dan - ye doğru olarak düşünülmektedir) bir açıklama yapmışlardır. Bunlardan % 13'ü, R_1 azaltıldığında lambaya daha az akım geçeceğini, % 4.3'ü ise daha fazla akım geçeceğini (sequential reasoning) belirtmişlerdir.

Öte yandan, doğru açıklamayı yapan öğrenci yüzdesi ön teste % 8.7 iken, kontrol grubunda yapılan öğretim sonrasında son testte hiçbir öğrenci tarafından doğru açıklamanın yapılmamış olması ilginç bir durum olarak gözükmektedir. Ön testte olduğu gibi bu testte de pek çok öğrenci tarafından tercih edilen ama yanlış olan açıklama “ R_1 direnci azaltıldığında akımda azalır ve bu yüzden lambanın parlaklığı da azalır” kategorisindeki açıklama olmuştur. Ön teste kıyasla bu kategorinin yüzdesinde bir artış olması, öğrencilerin azalma azalmayı doğurur şeklindeki akıl yürütmelerinin öğretim sonrasında desteklendiğini göstermektedir. Ayrıca öğrencilerin % 17.4'ü “ R_1 azaltıldığında lambaya daha fazla akım geçer (R_1 lambadan önce olduğu için lambanın parlaklığını etkiler)” kategorisindeki açıklamayı yaptıkları ve bu kategorinin yüzdesinin öğretim sonrasında arttığı gözlenmektedir. Bir diğer artış gösteren yanlış açıklama kategorisi ise, “ R_1 direnci pilin pozitif tarafında olduğundan değeri azaltılırsa lambanın parlaklığı da azalır” olmuştur.

Benzer şekilde, geciktirilmiş son testte de öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Bu testte en dikkat çekici durum, öğrencilerin % 47.8'inin “ R_1 direnci azaltıldığında akımda azalır ve bu yüzden lambanın parlaklığı azalır” kategorisindeki yanlış açıklamayı yapmış olmalarıdır. Tablo 13'e bakıldığında, bu kategorinin öğretimle desteklendiği ve zamanla daha fazla öğrenci tarafından benimsendiği ortaya çıkmaktadır. Benzer bir durum öğrencilerin % 26.1'i tarafından ifade edilen “ R_1 azaltıldığında lambaya daha fazla akım geçer (R_1 lambadan önce olduğu için lambanın parlaklığını etkiler)” kategorisinde gözlenmiştir. Kontrol grubunda son test ve geciktirilmiş son testte doğru açıklamayı yapan öğrencinin bulunmaması, yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.14’te sunulmuştur.

Tablo 5.14 Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
C	¹ Direnc artarsa devreden geçen akımında artacağını ve bu yüzden lambanın parlaklığının da artacağını ifade edenler.	13	17.4	30.4
C	² R_2 direnci arttırılırsa lambaya gelen akımın azalacağını ve böylece lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler.	4.3	8.7	8.7
C	³ Pilin vereceği akım değişmeyeceğinden lambanın parlaklığının aynı kalacağını ifade edenler.	4.3	-	-
D	¹ R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemeyeceğini ifade edenler.	47.8	43.5	30.4
D	² R_2 direnci pilin negatif tarafında olduğundan değeri arttırılırsa lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler.	4.3	4.3	8.7
F	Kodlanamayan	26.1	26.1	21.7
	Toplam	99.8	100	99.9

Tablo 5.14’te de görüldüğü gibi, R_2 direnci arttırıldığında lambanın bu değişimden nasıl etkileneceği sorusuna ön testte kontrol grubunda öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Öğrencilerin toplam % 73.7’si bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeye sahip olan, % 47.8 ile “ R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez (sequential reasoning)” ifadesi olmuştur. Bir diğer yanlış açıklama, % 13 ile “Direnc artarsa devreden geçen akımda artar ve bu yüzden lambanın parlaklığı da artar” olmuştur.

Benzer şekilde, son testte öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Böylesi bir durum, aynı sorunun aynı şıkı için deney grubundan olan farkı açıkça ortaya koymaktadır. Öğrencilerin toplam % 73.9’u bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar

yapmışlardır. Yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeye sahip (% 43.5) kategori “ R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez” olmuştur. Ayrıca “Direnc artarsa devreden geçen akım da artar ve bu yüzden lambanın parlaklığı da artar” kategorisi % 17.4 ile ön teste kıyasla artış gösteren kategori olmuştur.

Geciktirilmiş son testte de öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Bu testte “ R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez” kategorisinin yüzdesinde (% 30.4) ön test ve son testteki yüzdelere oranla bir düşüş, “Direnc artarsa devreden geçen akımda artar ve bu yüzden lambanın parlaklığı da artar” kategorisinin yüzdesinde (% 30.4) ise büyük bir oranda artış olduğu görülmektedir. Son test ve geciktirilmiş son testte doğru açıklama yapan öğrencinin bulunmaması, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun c şıkında yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.15’te sunulmuştur

Tablo 5.15 Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun c şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Direnc artırıldığında devreden geçen akımın azalacağını ve bunun sonucu olarak ta lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler.	-	8.7	4.3
C	¹ R_1 arttırıldığında lambaya daha az akım geçeceğini ifade edenler (R_1 lambadan önce olduğu için lambanın parlaklığını etkiler).	13	17.4	17.4
D	¹ R_1 direnci pilin pozitif tarafında olduğundan değeri arttırılırsa lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	21.7	17.4	13
D	² R_1 direnci arttırıldığında lambaya daha fazla akım geleceğini ve parlaklığın artacağını ifade edenler.	34.8	30.4	30.4
D	² R_1 arttırılsa da akım değişmeyeceği için lambanın parlaklığında bir değişiklik olmayacağını ifade edenler.	4.3	4.3	8.7
F	Kodlanamayan	26.1	21.7	26.1
	Toplam	99.9	99.9	99.9

Tablo 5.15'te de görüldüğü gibi, R_1 direnci artırıldığında lambanın bu değişimden nasıl etkileneceği sorusuna ön testte kontrol grubunda öğrencilerin hiç biri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Öğrencilerin toplam % 73.8'i bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 34.8'i, " R_1 direncinin değeri artırıldığında, lambaya daha fazla akım gelir ve lamba daha fazla ışık verir", % 21.7'si " R_1 direnci pilin pozitif tarafında olduğundan değeri arttırılırsa lambanın parlaklığı da artar" ve % 13' ü, " R_1 arttırıldığında lambaya daha az akım geçeceği (sequential reasoning)" açıklamalarını kullanmışlardır.

Geleneksel öğretim sonrasında, öğrencilerin % 8.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Öğrencilerin toplam % 69.5'i ise yanlış olarak sınıflandırılan açıklamaları yapmışlardır. Bu testteki yanlış açıklamaların dağılımı ön testteki gibi aynı kategorilerde olduğu görülmektedir. Bu kategorilerin neredeyse yüzdeleri de ön testtekiyle aynıdır.

Geciktirilmiş son testte ise, öğrencilerin % 4.3'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Ön test ve son testte en fazla yapılan yanlış açıklama kategorileri bu testte de çok fazla bir değişikliğe uğramamıştır. Her üç teste verilen yanıtlardan " R_1 arttırıldığında lambaya daha az akım geçeceği (sequential reasoning)" kategorisinin yüzdesinin ön testten, geciktirilmiş son testte doğru bir düşünüş gösterdiği görülmektedir. Son test ve geciktirilmiş son testte sınıfın neredeyse tamamının yanlış açıklamaları yapması, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun d şikkında yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.16'da sunulmuştur.

Tablo 5.16 Kontrol grubu öğrencilerinin 3. sorunun d şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Direnc azaltılırsa devreden geçen akımın artacağını ve bunun sonucu olarak ta lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	4.3	-	-
C	¹ R_2 azaltıldığında akımında azalacağını ve lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler.	39.1	17.4	39.1
C	² R_2 ' azaltılırsa lambaya daha fazla akım geçeceğini ve lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler	4.3	-	-
D	¹ R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemeyeceğini ifade edenler.	30.4	47.8	26.1
D	² R_2 direnci pilin negatif tarafında olduğundan değeri azaltılırsa lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	4.3	8.7	13
D	³ R_2 direnci pilin negatif tarafında olduğundan değeri azaltılırsa lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler	-	4.3	-
D	⁴ R_2 ' azaltılırsa akımın daha hızlı hareket edeceğini ve lambaya daha çabuk geleceğini bunun sonucunda da lambanın parlaklığının artacağını ifade edenler.	-	8.7	4.3
F	Kodlanamayan	17.4	13	17.4
	Toplam	99.8	99.9	99.9

Tablo 5.16'da da görüldüğü gibi, R_2 direnci azaltıldığında lambanın bu değişimden nasıl etkileneceği sorusuna ön testte kontrol grubunda öğrencilerin % 4.3'ü, bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Öğrencilerin toplam % 78.1'i ise bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeye sahip olan açıklamalar, % 39.1 ile " R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez (sequential reasoning)" ve " R_2 azaltıldığında akım da azalır ve lambanın parlaklığı azalır" ve % 30.4 ile " R_2 lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez" olmuştur.

Öte yandan, son testte öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Öğrencilerin toplam % 86.9'u bilimsel olarak doğru kabul edilmeyecek türde yanlış açıklamalar yapmışlardır. Yanlış açıklamalar içinde en fazla yüzdeye sahip olanlar % 47.8 ile " R_2 lambadan sonra geldiği için

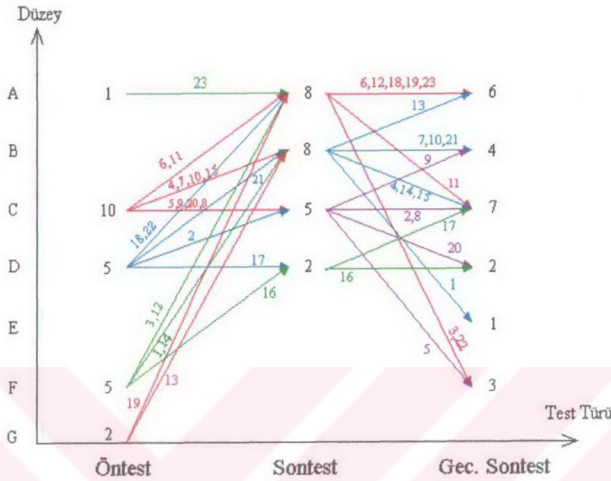
lambanın parlaklığını etkilemez (sequential reasoning)” kategorisi ve % 17.4 ile ve “R₂ azaltıldığında akım da azalır ve lambanın parlaklığı azalır” kategorisi olmuştur. Ön test ile kıyaslandığında “R₂ lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez (sequential reasoning)” kategorisinin yüzdesinin arttığı ve ve “R₂ azaltıldığında akım da azalır ve lambanın parlaklığı azalır” kategorisinin yüzdesinin ise azaldığı görülmektedir. Bu testte öğrencilerin tamamının yanlış açıklama yapması, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yönlentmede etkili olmadığını göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin hiçbiri, bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Öğrencilerin çoğunluğu bu testte de yine en fazla “R₂ azaltıldığında akımında azalacağını ve lambanın parlaklığının azalacağını ifade edenler” ve “R₂ lambadan sonra geldiği için lambanın parlaklığını etkilemez” kategorilerindeki açıklamaları yapmışlardır. Sonuçta geciktirilmiş son testte de öğrencilerin tamamının yanlış açıklamaları yapmış olması, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yönlentmede etkili olmadığını göstermektedir.

3. soruda kontrol grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu (p=0.10) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Benzer bir durum son test-geciktirilmiş son test (p= 0.42) ve ön test-geciktirilmiş son testte de (p= 0.78) bulunmaktadır. Bu durum, kontrol grubunda yapılan öğretimin son test ve geciktirilmiş son testte öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yönlentmede etkili olmadığını göstermektedir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testten ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları, son test (p= 0.00) ve geciktirilmiş son testin (p= 0.02) her ikisinde de deney grubu lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlara göre, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre hem kavramsal anlama hem de bilginin kalıcılığı açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

Kavramsal Değişimin İncelenmesi: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testte 3. sorunun a şıkında buldukları düzeyleri ve düzeyler arası geçişlerini gösteren şekiller aşağıda sunulmuştur.



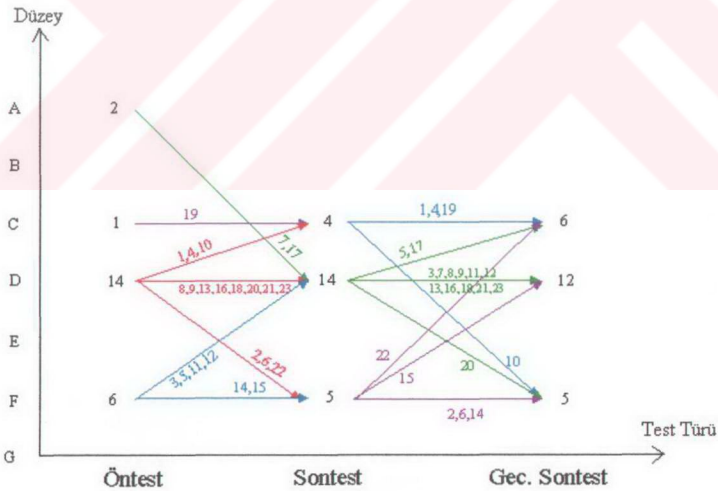
Şekil 5.7 Dene grubu öğrencilerinin her birinin 3. sorununun a şıkkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.

Şekil 5.7 incelendiğinde, dene grubunda ön testte C, D, F düzeylerinde, son testte A,B,C düzeylerinde ve geciktirilmiş son testte C, A, B düzeylerinde yığılmalar olduğu gözle çarpmaktadır.

Ön testte C düzeyinde olan 6, 11 numaralı öğrenciler, D düzeyinde olan 8, 11 numaralı öğrenciler, F düzeyinde olan 3, 12 numaralı öğrenciler ile G düzeyinde bulunan 19 numaralı öğrencinin son testte A düzeyine ve ön testte C düzeyinde bulunan 4, 7, 10, 15 numaralı öğrenciler, D düzeyinde bulunan 21 numaralı öğrenci, F düzeyinde olan 1,14 numaralı öğrenciler ile G düzeyinde bulunan 13 numaralı öğrencinin B düzeyine çıktığı görülmektedir. Ayrıca ön testte A düzeyinde bulunan 23 numaralı öğrenci son testte yine A düzeyinde kalmıştır.

Son testte A ve B düzeylerinde bulunan 6, 12, 18, 19, 13, 7, 10, 21, numaralı öğrencilerin geciktirilmiş son testte yine bu düzeylerde kalmalarından dolayı bu öğrencilerin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişimin gerçekleştiği söylenebilir. Örneğin ön testte “Çünkü R_1 azaltılırsa lambanın parlaklığının direnci eksilir. Bu da lambanın parlaklığının azaldığını gösterir” şeklinde düşünen 12 numaralı öğrenci son test ve geciktirilmiş son testte bu düşüncesini bırakarak bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmıştır. Bu açıklamalar son testte “Direnci

azaldıkça lambanın parlaklığı artar” ve geciktirilmiş son testte ise “bu bir direnç olayıdır. Ohm kanununa göre R_1 azaltılırsa doğal olarak lambanın parlaklığı artar” şeklindedir. Son testte A ve B düzeylerinde bulunan öğrencilerden geciktirilmiş son testte C (9, 4, 14, 15), E (1), F (3, 22) düzeylerine düşen öğrencilerin fikirlerinde kalıcı olmayan kavramsal değişim olduğu söylenebilir. Örneğin ön testte “Çünkü artı yüklü gelen enerji çok olduğu için azaltılırsa lambanın parlaklığı azalır” şeklinde düşünen (D düzeyinde) 22 numaralı öğrenci son testte artar seçeneğini işaretleyerek “Direnç azalırsa akım artar” şeklindeki doğru açıklamayı yapmıştır. Fakat geciktirilmiş son testte bu öğrencinin yaptığı açıklama kodlanamayan (F düzeyi) grubu içinde yer almıştır. Öğrencinin yaptığı açıklama “ R_1 direnci ölçmeye yarar o yüzden aynı kalır” şeklindedir. Ayrıca ön test ve son testte A düzeyinde bulunan 23 numaralı öğrenci geciktirilmiş son testte yine bu düzeyde kalmış, son testte C düzeyinde bulunan 12 numaralı öğrenci ise geciktirilmiş son testte B düzeyine çıkmıştır.



Şekil 5.8 Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin, 3. sorunun a şikkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.

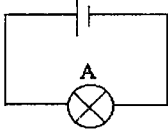
Şekil 5.8 incelendiğinde, kontrol grubunda ön testte iki öğrencinin A düzeyinde bulunduğu fakat son test ve geciktirilmiş son testte hiçbir öğrencinin A

veya B düzeylerinde yer almadıkları görülmektedir. Ön testte D, F düzeylerinde, son testte D, F, C ve geciktirilmiş son testte D, C, F düzeylerinde yığılmalar olduğu görülmektedir.

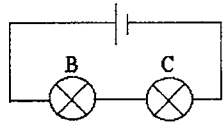
Kontrol grubunda yapılan öğretim sonucunda, öğrencilerin fikirlerinde kavramsal değişimin gerçekleşmediği görülmektedir. Ayrıca 7, 17 numaralı öğrenciler, ön testte A düzeyinde yer alırken son testte D düzeyine düşmüşlerdir.

Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerden geciktirilmiş son test sonucunda kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştirenlerin sayısına bakıldığında, deney grubunda sekiz, kontrol grubunda ise hiçbir öğrencinin bulunmadığı görülmektedir. Bu durum, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre kavramsal değişimi sağlama açısından daha etkili olduğunu göstermektedir.

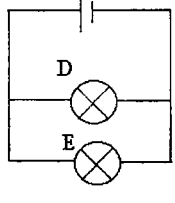
4. Soru



Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

Yukarıdaki şekillerde lambalar ve piller özdeştir.

Lambaların parlaklığı ile ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerin başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X isareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.

<input type="checkbox"/> $A > B = C = D = E$	<input type="checkbox"/> $A = B = C > D = E$	<input type="checkbox"/> $A > B = C > D = E$
<input type="checkbox"/> $A = D = E > B = C$	<input type="checkbox"/> $A = B > C > D > E$	<input type="checkbox"/>

Açıklamanız:

Bu soru, bir pil ve bir lamba, bir pil ve seri iki lamba, bir pil ve paralel iki lamba bağlantısının olduğu üç devreden oluşmaktadır. Bu üç devrede lambalar ve piller özdeştir. Öğrencilerin, lambaların parlaklığı ile ilgili yaptıkları tahmin ve açıklamalarından görüşlerini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Lambaların parlaklık sıralaması ile ilgili doğru cevap $A = D = E > B = C$ 'dir. Bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklama ise, her bir lamba için akım veya potansiyel farkı değerlerinin bulunarak bu değerler ile lambanın parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki kurulması gerekmektedir. Akım kavramı temel alınarak yapılacak bir açıklamanın basamakları aşağıda sıralanmıştır:

- Her üç devre için eş değer direncin bulunması;
- Ohm yasası kullanılarak ana kol akımlarının bulunması (anakol akım değerleri, şekil 1 de I , şekil 2 de $I/2$, şekil 3 de $2I$);
- Şekil 1 de A lambası üzerinden geçen akım I , şekil 2 de B ve C lambaları üzerinden geçen akım değerleri eşit $I/2$, ve şekil 3 de ana kol akımı ($2I$) lambalar özdeş olduğundan her ikisine eşit gider yani D ve E lambaları üzerinden geçen akım değerlerinin eşit I olması;
- Lambalar üzerinden geçen akım ile lambaların parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu bu yüzdende lambaların parlaklık sıralamasının $A = D = E > B = C$ olduğunun belirtilmesi.

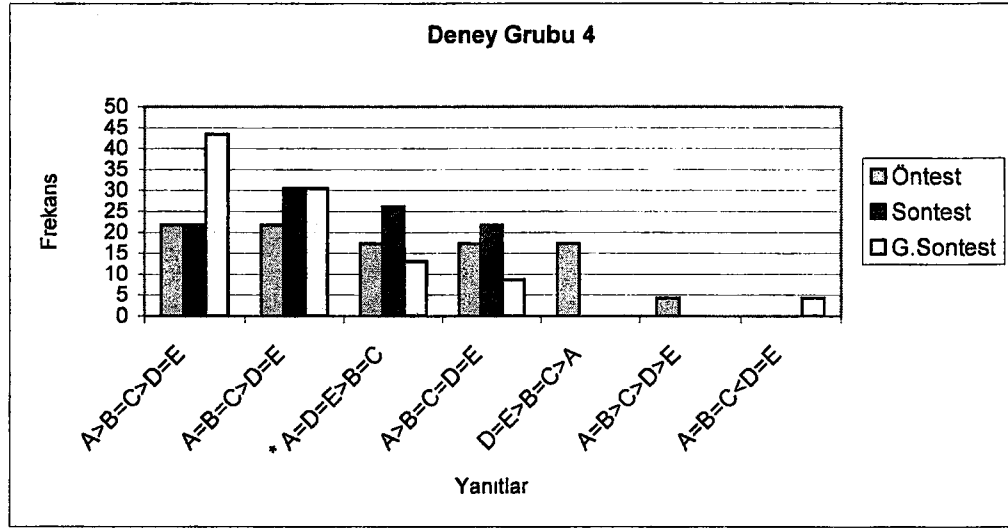
Potansiyel farkı kavramı temel alınarak yapılacak bir açıklamanın basamakları aşağıda sıralanmıştır:

- Lambaların her birini potansiyel farkı değerlerinin bulunması: Şekil 1’de pilin potansiyel farkı V , lambanın potansiyel farkına eşittir. Yani A lambasının potansiyel farkı V ’dir. Şekil 2’de B ve C lambalarının potansiyel farkı toplamı pilin potansiyel farkına eşittir. B ve C özdeş olduğundan potansiyel farkları her ikisinin de $V/2$ dir. Şekil 3’te D ve E lambaları paralel olduğundan potansiyel farkları pilin potansiyel farkına eşittir. Yani D ve E’nin potansiyel farklarının V olması,
- lambaların potansiyel farkı değeri ile lambaların parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu bu yüzdende lambaların parlaklık sıralamasının $A=D=E>B=C$ olduğunun belirtilmesi.

Deney grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri Tablo 5.17’de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.9’da sunulmaktadır.

Tablo 5.17 Deney grubu öğrencilerinin 4. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.

Yanıtlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
$A>B=C>D=E$	21.7	21.7	43.5
$A=B=C>D=E$	21.7	30.4	30.4
$A=D=E>B=C$	17.4	26.1	13
$A>B=C=D=E$	17.4	21.7	8.7
$D=E>B=C>A$	17.4	-	-
$A=B>C>D>E$	4.3	-	-
$A=B=C<D=E$	-	-	4.3
Toplam	99.9	99.9	99.9



Şekil 5.9 Deney grubu öğrencilerinin 4. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.17 ve şekil 5.9'da görüldüğü gibi, ön testte öğrencilerin % 17.4'ü $A=D=E>B=C$ doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 82.5'i ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 21.7 ile $A>B=C>D=E$ ve $A=B=C>D=E$ ve % 17.3 ile $A>B=C=D=E$ ve $D=E>B=C>A$ dır.

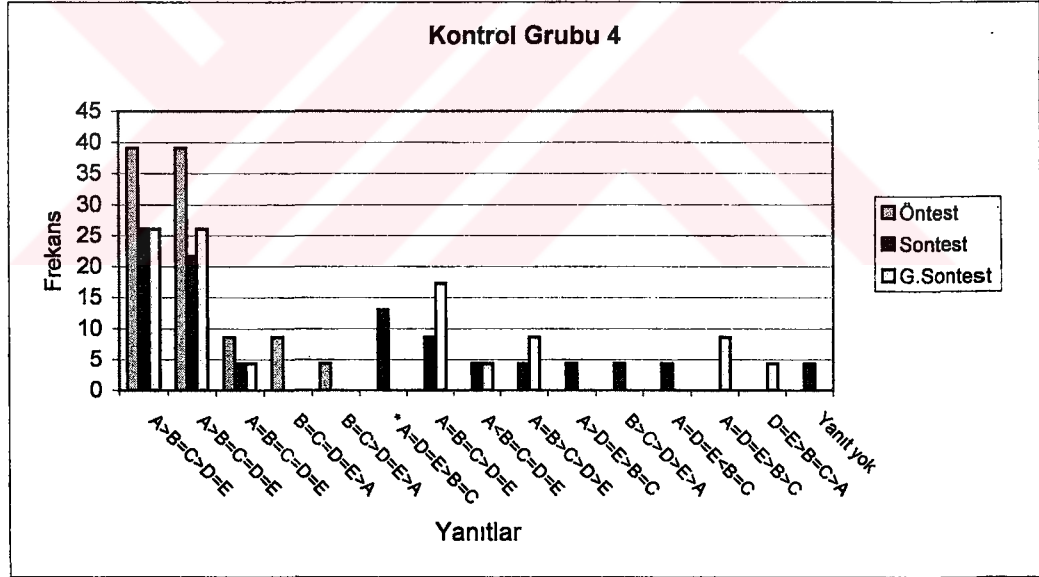
Son testte öğrencilerin % 26.1'i doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise % 73.8 olmuştur. Bu yanlış seçenekler, % 30.4 ile $A=B=C>D=E$ ve % 21.7 ile $A>B=C>D=E$ ve $A>B=C>D=E$ olmuştur. Genel olarak bakıldığında, son testte doğru ve yanlış cevap yüzdeleri ön test ile kıyaslandığında fazla bir değişikliğe uğramamıştır.

Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 13'ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise % 86.9 olmuştur. Bu yanlış seçeneklerden en fazla yüzdeyi, % 43.5 ile $A>B=C>D=E$ ve % 30.4 ile $A=B=C>D=E$ oluşturmaktadır. Ön test ve son teste göre kısmen de olsa doğru cevap yüzdesinde bir düşme ve yanlış cevap yüzdesinde ise bir yükselme olmuştur.

Kontrol grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.18'de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.10'da sunulmaktadır.

Tablo 5.18 Kontrol grubu öğrencilerinin 4. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri

Yanıtlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
$A>B=C>D=E$	39.1	26.1	26.1
$A>B=C=D=E$	39.1	21.7	26.1
$A=B=C=D=E$	8.7	4.3	4.3
$B=C=D=E>A$	8.7	-	-
$B=C>D=E>A$	4.3	-	-
* $A=D=E>B=C$	-	13	-
$A=B=C>D=E$	-	8.7	17.4
$A<B=C=D=E$	-	4.3	4.3
$A=B>C>D>E$	-	4.3	8.7
$A>D=E>B=C$	-	4.3	-
$B>C>D>E>A$	-	4.3	-
$A=D=E<B=C$	-	4.3	-
$A=D=E>B>C$	-	-	8.7
$D=E>B=C>A$	-	-	4.3
Yanıt yok	-	4.3	-
Toplam	99.9	99.6	99.9



Şekil 5.10 Kontrol grubu öğrencilerinin 4. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.18 ve Şekil 5.10'da görüldüğü gibi, ön testte öğrencilerin hiçbiri $A=D=E>B=C$ doğru seçeneğini işaretlememişlerdir. Öğrencilerin tamamı yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 39.1 ile $A>B=C>D=E$ ve $A>B=C=D=E$ olmuştur.

Geleneksel öğretim sonrasında, öğrencilerin % 13'ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise % 86.6' dır. Bu yanlış seçenekler içinden en fazla işaretlenenler, % 26.1 ile $A>B=C>D=E$ ve $A=B=C>D=E$ ve % 21.7 ile $A>B=C=D=E$ olmuştur. Genel olarak bakıldığında, kısmen de olsa son testte doğru cevap yüzdesinde bir artış olduğu (% 13) görülmektedir.

Ön test sonuçlarına benzerlik gösteren geciktirilmiş son testte, öğrencilerin hiçbiri doğru seçeneği işaretlememişlerdir. Öğrencilerin tamamı yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Bu yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenler, %26.1 ile $A>B=C>D=E$ ve $A>B=C=D=E$ olmuştur.

Deney grubu öğrencilerinin 4. soruda yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.19'da sunulmaktadır.

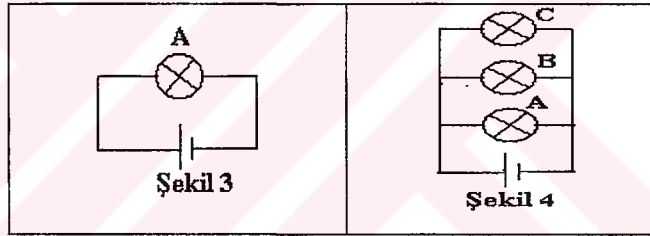
Tablo 5.19 Deney grubu öğrencilerinin 4. soruda yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzy	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Devreden geçen akımı ohm yasasından bularak lambalar üzerinden geçen akım ile lambaların parlaklığı arasında doğru orantılı ilişki olduğunu ifade edenler.	-	26.1	4.3
B	¹ Lambaların bağlantı şeklini önemseyerek, paralel bağlı lambaların parlaklığının tek lambalı devredekiyle aynı ve bunların seri bağlı lambalardan daha fazla parlak olduğunu ifd. ed.	-	-	4.3
C	¹ Piller özdeş olduğu için, üç devre de de ana kol akımlarının eşit olduğunu ve paralel bağlı lambalarda gelen akımın kollara ayrılmasından dolayı parlaklıklarının azalacağını ifade edenler (sabit akım kaynağı).	17.4	21.7	34.8
C	² Lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu ve paralel bağlı lambaların seri bağlı lambalardan daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	30.4	-	-
D	² Lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ve bağlantı şeklini önemseyerek seri bağlı lambaların paralel bağlı lambalardan daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	21.7	39.1	43.5
D	³ Lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler (lambaların bağlantı şekli önemsenmiyor).	17.4	13	8.7
F	Kodlanamayan	8.7	-	-
G	Açıklama yok	4.3	-	4.3
	Toplam	99.9	99.9	99.9

Tablo 5.19’da da görüldüğü gibi, ön testte deney grubunda hiçbir öğrenci bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapamamışlardır. Öğrencilerin % 30.4’ü nün “paralel bağlı lambalar seri bağlı lambalardan daha fazla ışık verir” kategorisindeki açıklamayı yaptıkları görülmektedir. C1 kategorisindeki ifade öğrencilerin pilleri sabit akım kaynağı olarak gördüklerini göstermektedir. Ayrıca D2 kategorisindeki ifade içerisinde öğrenciler lamba sayısı ile parlaklık arasında ters bir ilişki kurmanın yanında, seri bağlı lambaların paralel bağlı lambalardan daha fazla ışık vereceğini düşünmektedirler. Bu düşüncelerini açıklarken de genellikle “paralelde gelen akım (veya enerji, elektrik, güç, vb) ikiye ayrılır seride ise ayrılmaz bu yüzden seri olan paralelden daha parlaktır” ifadesini kullanmaktadırlar. Burada

kısmen de olsa bu yanıt kategorisi sabit akım kaynağı düşüncesi içerisine girmektedir. Bu iki kategorinin, yani pillerin sabit akım kaynağı olduğu fikri öğrencilerin % 39.1'i tarafından ifade edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin % 17.4'ü tarafından, lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Kısacası, öğrenciler lamba sayısı az olan birinci devredeki lambanın lamba sayısı iki olan diğer şekillerdeki lambalardan daha parlak olacağını ifade etmektedirler.

Öğretim öncesi öğrencilerle yapılan görüşmelerde, öğrencilere sunulan aynı pilin kullanıldığı iki farklı devrede A lambasının parlaklığının nasıl değişeceği ve lambaların parlaklık kıyaslaması ile ilgili olarak öğrencilerin görüşleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Öğrencilerin çoğunluğu tarafından her iki devrede de kullanılan pilin aynı olması dolayısıyla ana kol akımlarının aynı olacağı ifade edilmiştir. Görüşmelerden elde edilen veriler aşağıda sunulmaktadır.



Görüşmeci: Şekil 3'teki A lambasına B ve C lambaları şekildeki gibi bağlanmıştır (A, B, C lambaları özdeşler). A lambasının parlaklığı ilk duruma (Şekil 3) göre nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.

Öğrenci (23): Şekil 3'teki lambanın parlaklığı daha fazladır. Buradaki (Şekil 4) paralel, buradaki (Şekil 3) seri, buradaki tek lamba bütün akımla yanarken buradaki 3 tane lamba o akımla yanar (21, 9, 2, 8, 17, 7 kodlu öğrencilerin görüşleri de 23 numaralı ile aynı doğrultudadır).

Öğrenci (20): Değişmez, çünkü ilk A lambasına geldiği için (akım), sonra B ye gider C de daha az yanar.

Görüşmeci: Lambaların (A, B, C) parlaklıklarını kıyaslayınız.

Öğrenci (23): Hepsi eşit, dediğim gibi akım üçünün arasında eşit paylaşılıyor (21, 9).

Öğrenci (2): A, B den büyüktür. Bunlar (B ve C) eşit oluyor sanırım. A ya geliyor. A'dan B'ye geçiyor, B'den C'ye geçiyor. C'den gideceği başka bir yer yok tekrar A'ya geri dönüyor. Bu (A) büyük olur.

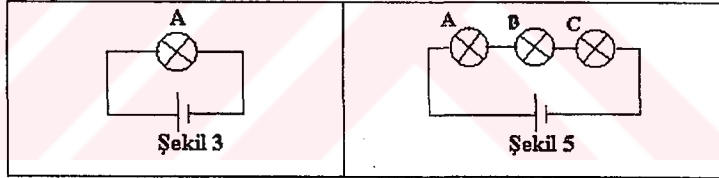
Öğrenci (20): $A > B > C$, C en küçük. Çünkü buradaki akım önce A'ya gider. En son C'ye gider.

Öğrenci (17): Ama şimdi burada hepsi aynıdır. Ama $A > B > C$, neden dersek, çünkü paralel olarak bağlanmıştır. En aşağıda A vardır. Artı taraftan gelen elektrik akımı A'ya önce vurduğu için A yanar. Daha sonra B yanar ve B, A'dan biraz küçüktür.

Görüşmeci: Onun sebebi ne peki?

Öğrenci (17): Çünkü B yüksektedir. Paralel durumdadır. A ile B, A buradaki artı yüklü tarafa daha yakın olduğu için buna daha önce gelir diyorum.

Sorunun devamında, A lambasına seri olarak B ve C lambaları bağlandığında, A lambasının parlaklığının nasıl değişeceği ve lambaların parlaklık kıyaslaması ile ilgili olarak öğrencilerin görüşleri belirlenmeye çalışılmıştır. Öğrencilerin çoğunluğu tarafından, her iki devrede de kullanılan pilin aynı olması dolayısıyla ana kol akımlarının bir önceki görüşmede ifade edildiği gibi aynı olacağı vurgulanmıştır. Görüşmelerden elde edilen veriler aşağıda sunulmaktadır.



Görüşmeci: Şekil 3'teki A lambasına B ve C lambaları şekildeki gibi bağlanmıştır (A, B, C lambaları özdeşler). A lambasının parlaklığı ilk duruma göre nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.

Öğrenci (23): Her ikisinde de eşit olabilir. Her ikisi de aynı üreteç, akımları aynı (7, 20, 21).

Öğrenci. (17): Aynı kalır. Çünkü seri bağlamadır bunlar. Seri bağlama olduğu için C'ye kadar elektrik akımı aynı gider (9, 16, 8).

Görüşmeci: Lambaların (A, B, C) parlaklıklarını kıyaslayınız.

Öğrenci (8): Evet eşittir hocam. Akım, hocam buradan gelir A lambasından geçtikten sonra yine akım B'den geçer. Seri bağlandığı için hiç harcanmadan geçer, ondan birbirine eşittir (21).

Öğrenci (2): C büyüktür B'den, B'de büyüktür A'dan, A daha azdır. Akım buradan geliyor (- den). Buna (C)daha fazla gelir. Bundaki buna

geçerken (C'den B'ye) bunun parlaklığı biraz azalıyor. Bunun (A) daha az olur çünkü buna da geliyor.

Öğrenci (23): A, B'den daha parlak sonra C. Seri bağlı lambalarda böyle oluyor, yani akım ilk gittiği şeyi daha fazla aydınlatır (17, 20, 16, 7).

Yukarıdaki görüşme kesitlerinde de, öğrenciler çoğunlukla pilleri sabit akım kaynağı olarak görmeyi yanı sıra, akımın lambalar üzerinden geçtikçe azaldığını ifade etmektedirler. Bu iki fikir literatürde en fazla karşılaşılan alternatif fikirlerdendir.

Son testte öğrencilerin % 26.1'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Ön testte % 30.4 olan "paralel bağlı lambalar seri bağlı lambalardan daha parlaktır" açıklaması son testte hiçbir öğrenci tarafından ifade edilmemiştir. Yapılan öğretim sonunda öğrencilerin bu ifadelerini terk ettikleri söylenebilir. Pillerin sabit akım kaynağı olduğu fikri ile ilgili C1 ve D2 yanıt kategorisinin toplam yüzdesinin % 60.8' e yükseldiği görülmektedir. Sabit akım kaynağı fikrini benimseyen öğrencilerin yüzdesi neredeyse iki kat artmıştır. Bu sonuç, pillerin sabit akım kaynağı değil, sabit potansiyel farkı kaynağı olduğunu göstermek amacıyla yapılan Ders 4 Etkinlik 6'daki aktivitenin bu amaca hizmet etmediğini göstermektedir. Bu sonuç, "piller sabit akım kaynağıdır" alternatif fikrinin değişime karşı dirençli olduğunu göstermektedir. Ayrıca öğretim sırasında karşılaşılan sorunların da (bkz. 4. Bölüm - Ders 4 Etkinlik 6) bu fikrin değişimini olumsuz yönde etkilediği söylenebilir.

4. soruda deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları ($p=0.00$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Buradan, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olduğu söylenebilir.

Öğretim sonrası öğrencilerle yapılan görüşmeler, öğrencilerin çoğunluğunun pilleri sabit akım kaynağı olarak gördüklerini onaylamaktadır. Görüşmelerden elde edilen veriler aşağıda sunulmaktadır.

Görüşmeci: Şekil 3'teki A lambasına B ve C lambaları şekildeki (Şekil 4) gibi bağlanmıştır (A, B, C lambaları özdeşler). A lambasının parlaklığı ilk duruma (Şekil 3) göre nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.

Öğrenci (20): A lambasının parlaklığı değişmez. Birbirlerine paralel oldukları için akım bölünüyor, her koldan akım aynı geçecek. Paralel kollarındaki lambaların parlaklıkları eşittir.

Öğrenci (21): Buradakine göre daha azalır. Çünkü buradan geçen akım üçü de eşit miktarda oluyor (7, 16, 17, 2, 8, 20 (baştan değişmez dedi ama sonra görüşünü değiştirdi)).

Öğrenci (9): Paralel olduğu için azalır akım. Paralel olunca seri bağının yarısına iniyor.

Görüşmeci: Neden?

Öğrenci (9): Çünkü akım buradan gelince ikiye paylaşıyorlar akımı.

Görüşmeci: Peki öğretim sırasında bu tür bir deney yapmış mıydınız? Parlaklık değişmiş miydi?

Öğrenci (21): Yapmıştık değişmişti. Çünkü burada (Şekil 3) seri olarak bağlanmış, burada (Şekil 4) paralel olarak bağlanmış. Burada bir koldan geçiyor burada üçe ayrılıp geçiyor.

Öğrenci (2): Hımm, eşit çıkmıştı.

Görüşmeci: Peki eşit çıkmasının sebebi ne sence?

Öğrenci (2): Buradan gelen akım üçe bölünüyor, yine eşit miktarda.

Görüşmeci: Her ki devredeki ana kol akımları aynı mı?

Öğrenci (23): Aynıdır, değişmez I'dır.

Görüşmeci: O zaman neden lambanın parlaklığı değişmesin?

Öğrenci (23): ...ana kol akımı, hımm.

Görüşmeci: Peki ana kol akımını nasıl bulursun?

Öğrenci (23): Ohm yasasından.

Görüşmeci: Lambaların dirençlerine R dersek, devrenin eşdeğer direnci ne olur paralelde?

Öğrenci (23): Eşdeğer dirençleri mi...3 R olur ...R/3 olur. $I = \frac{V}{R/3}$ olur

(Görüşmecinin yardımıyla söyledi) ve buradan $I = \frac{3V}{R}$ olur.

Ana kol akımı artıyor, ama lambaların voltajı değişmiyor, ana kol akımı arttığı için parlaklık değişmiyor.

- Öğrenci (21): Bunlar aynı (Şekil 3 ve 4'teki ana kol akımları). Burdan geçince üçe ayrılıyor, bu üçünün parlaklığı toplamı buna (Şekil 3) eşittir (8, 17, 7, 9, 16, 20).
- Görüşmeci: Lambaların (A, B, C) parlaklıklarını kıyaslayınız.
- Öğrenci (7): Hepsi birbirine eşit. Paralel bağlı. Akım üçe ayrılıyor, her koldaki akım eşittir (9, 2, 8, 21, 17).
- Öğrenci (20): $A > B > C$ den. Çünkü akım buradan A, B, C'ye doğru gittikçe paralel olduğu için...
- Görüşmeci: Akım gittikçe azalır mı diyorsun?
- Öğrenci (20):, Hımm.
- Öğrenci (16): Hepsi eşittir. Akım üçe ayrıldığı için, A da biraz daha çok gibi olur gibi geliyor bana.
- Görüşmeci: Neden?
- Öğrenci (16): Akım önce ona gittiği için, ama sonuçta yine hepsi eşittir.
- Görüşmeci: Şekil 3'teki A lambasına B ve C lambaları şekildeki (Şekil 5) gibi bağlanmıştır (A, B, C lambaları özdeşler). A lambasının parlaklığı ilk duruma göre nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.
- Öğrenci (23): A lambasının parlaklığı değişir. Azalır.
- Görüşmeci: Neden?
- Öğrenci (23): Ana kol akımı, üzerinden geçtiği zaman burada üç tane lamba var, akım üçe bölünür.
- Görüşmeci: Şekil 3'te ana kol akımı I ise Şekil 5'te anakol akımı ne olur?
- Öğrenci (23): $I/3$ olur, bu yüzden A lambasının parlaklığı azalır.
- Öğrenci (20): Değişmez. Bunda seri bağlanmıştır, lambalar seri bağlanmıştır. buradan gelen akım burada neyse buraya kadar gelir. Şekil 3 ile 5'teki ana kol akımları aynıdır (17, 9, 2, 8, 21).
- Öğrenci (7): Azalır. Çünkü burada üç tane ampul var, yine akım üçe bölünür.
- Görüşmeci: Niye bölünüyor?
- Öğrenci (7): '+' dan doğru geliyor akım A değişmez B ve C azalır. Akım A'dan sonra azalmaya başlıyor.
- Görüşmeci: Hani biraz önceki soruda azalmıyor demiştin.
- Öğrenci (7): O zaman birbirine eşittir.
- Öğrenci (16): Biraz daha fazla yanar. Seri bağlı akım biraz daha hızlı geçer, paralel bağlıya göre biraz daha çabuk geçer akım. O yüzden burada da... eşittir diyorum.

Görüşmeci: Neden?

Öğrenci (16): İlk önce kullandığımız fazla olur lambanın parlaklığı fazla olur. B ve C'ye yani hepsinin lambasına eşit olur, ilk önce A'da daha fazla olur.

Görüşmeci: Yani A lambasını geçtikten sonra akım azalır mı diyorsun?

Öğrenci (16): Evet öyle diyorum.

Görüşmeci: Peki Şekil 3'te akım lambayı geçtikten sonra iki tarafta da eşit dedin, fakat şimdi A lambasını geçtikten sonra azalır diyorsun.

Öğrenci (16): Seri bağlılarda daha çabuk akım geçer.

Görüşmeci: Neye dayanarak böyle diyorsun?

Öğrenci (16): *Hımmm...*

Görüşmeci: Lambaların (A, B, C) parlaklıklarını kıyaslayınız.

Öğrenci (23): Hepsi birbirine eşittir. Üzerlerinden geçen akımlar eşittir (9, 2, 8).

Öğrenci (20): $A=B=C$, çünkü bunlar seri olarak bağlanmıştır. Parlaklıkları eşittir (17, 21).

Geciktirilmiş son testte toplam % 8.6 ile öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklama yapıldığı görülmektedir. Son testte % 26.1 olan doğru cevap kategorisi geciktirilmiş son testte % 4.3'e gerilemiştir. Doğru açıklamayı yapan öğrenci yüzdesinin bu kadar azalmasından öğretimin, bilginin kalıcılığı açısından pek de başarılı olmadığı söylenebilir. Pillerin sabit akım kaynağı olduğu fikri ile ilgili olan C1 ve D2 yanıt kategorilerinin yüzdeleri toplam % 78.3 olduğu gözükmektedir. Bu alternatif fikrin, yapılan öğretime rağmen giderek daha fazla öğrenci tarafından benimsendiği görülmektedir.

4. soruda, deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.07$) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını ve ön test ile geciktirilmiş son testin karşılaştırılmasından elde edilen istatistiksel analiz sonucu ($p= 0.04$) ise geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Ön teste kıyasla doğru açıklama yüzdesinin son test ve geciktirilmiş son teste göre belirgin bir şekilde artmamasına rağmen, istatistiksel olarak bir farkın çıkması öğrencilerin bu soruda yaptıkları açıklamaların düzeylerinin yükselmiş olduğunu göstermektedir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 4. soruda yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.20’de sunulmaktadır.

Tablo 5.20 Kontrol grubu öğrencilerinin 4. soruda yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzye	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	1 Lambaların bağlantı şeklini önemseyerek, paralel bağlı lambaların parlaklığının tek lambalı devredekiyle aynı ve seri bağlı lambalardan daha az akım geçeceği için parlaklığının daha az olduğunu ifade edenler.	-	4.3	-
C	1 Paralel bağlı lambaların seri bağlı lambalardan daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	-	-	4.3
D	1 Seri bağlı lambaların paralel bağlı lambalardan daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	-	13	21.7
D	2 Lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ve bağlantı şeklini önemseyerek seri bağlı lambaların paralel bağlı lambalardan daha fazla ışık vereceğini ifd. ed.	26.1	34.8	8.7
D	3 Lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler (lambaların bağlantı şekli önemsenmiyor).	30.4	21.7	26.1
D	4 Lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler (lambaların bağlantı şekli önemsenmiyor)	13	8.7	-
D	5 Pillerin sabit akım kaynağı olduğunu ve devrede akımın harcandığını ifade edenler.	-	-	8.7
D	6 Akımın devrede harcandığını ve paralel bağlı lambaların seri bağlı lambalardan daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	-	4.3	-
E	1 Piller ve lambaların özdeş olduğu için lambaların parlaklığının eşit olduğunu ifade edenler.	4.3	4.3	4.3
F	Kodlanamayan	26.1	4.3	21.7
G	Açıklama yok	-	4.3	4.3
	Toplam	99.9	99.7	99.8

Tablo 5.20’de de görüldüğü gibi, ön testte kontrol grubunda öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapamamışlardır. Lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında bir ilişki kuran öğrenci yüzdesi toplam % 43.4’tür.

Bunun % 30.4'ü ters orantı, %13'ü doğru orantı kurarak açıklamaya gitmiştir. Öğrencilerin % 26.1'i pillerin sabit akım kaynağı olduğu fikrini (D2) taşımaktadırlar. Ön testte genel olarak öğrenciler lamba sayısına odaklanarak ve pillerin sabit akım kaynağı olduğu ile ilgili bir açıklama yapmaktadırlar.

Son testte öğrencilerin % 4.3'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Pillerin sabit akım kaynağı olduğu fikri ile ilgili olduğu düşünülen D1 ve D2 yanıt kategorisinin toplam yüzdesi % 47.8'dir. Öğrencilerin sabit akım kaynağı ile ilgili görüşlerinin öğretimden sonra yaklaşık iki kat arttığı görülmektedir. Lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında bir ilişki olduğunu ifade eden öğrenci yüzdesi % 30.4 olmuştur. Bunun % 21.7'si ters orantı, % 8.7'si doğru orantılı bir ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. Son testte genel olarak denilebilir ki, yapılan öğretim öğrencileri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek cevaba yönelmemiştir.

Geciktirilmiş son testte bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı kontrol grubunda hiçbir öğrenci yapamamıştır. Pillerin sabit akım kaynağı olduğu fikri ile ilgili olduğu düşünülen D1, D2 ve D5 yanıt kategorisinin toplam yüzdesi % 39.1'dir. Ayrıca, öğrencilerin % 26.1'i lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ifade etmektedirler.

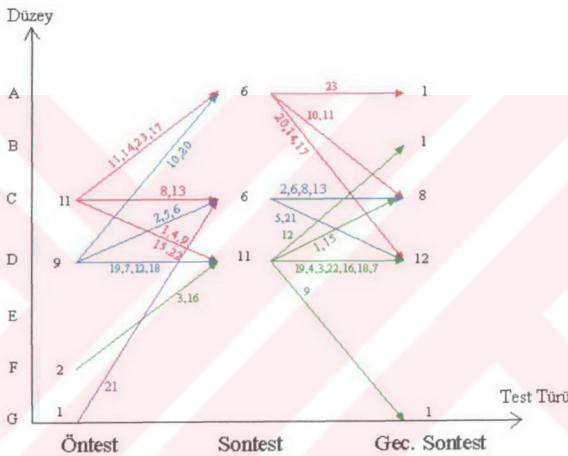
4. soruda kontrol grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.11$) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Benzer bir durum son test-geciktirilmiş son test ($p= 0.12$) ve ön test-geciktirilmiş son testte de ($p= 0.77$) bulunmaktadır. Bu durum, kontrol grubunda yapılan öğretimin son test ve geciktirilmiş son testte öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yönelmede etkili olmadığını göstermektedir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testten ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları, son test ($p= 0.00$) ve geciktirilmiş son testin ($p= 0.00$) her ikisinde de deney grubu lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Doğru açıklama yüzdeleri açısından bakıldığında her iki grup arasında belirgin bir fark olmamasına rağmen, istatistiksel olarak bir farkın çıkması deney grubundaki öğrencilerin bu soruda yaptıkları açıklamaların düzeylerinin kontrol grubundakilere kıyasla daha üst düzeyde olması gösterilebilir.

Genel olarak bakıldığında, her iki grupta yer alan öğrencilerin yapılan öğretimler sonucunda, bilimsel olarak kabul edilen görüşlere doğru bir gelişim

göstermedikleri görülmektedir. Her üç testte de, öğrencilerin çoğunlukla pillerin sabit akım kaynağı olduğu ve lamba sayısı ile lambaların parlaklığı arasında bir ilişki kurarak bir açıklama yaptıkları görülmektedir.

Kavramsal Değişimin İncelenmesi: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testte 4. soruda, buldukları düzeyleri ve düzeyler arası geçişlerini gösteren şekiller aşağıda sunulmaktadır.

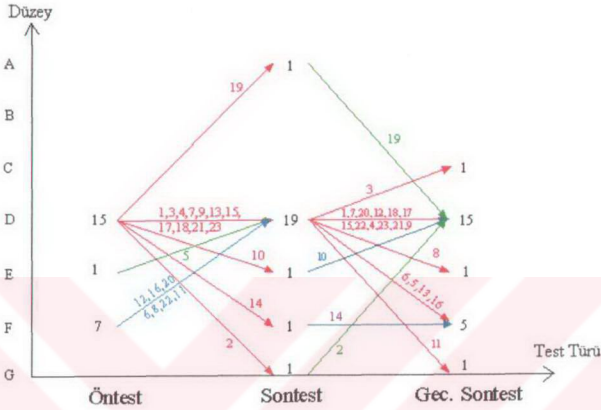


Şekil 5.11 Deney grubu öğrencilerinin herbirinin 4. soruda ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.

Şekil 5.11 incelendiğinde, ön testte C ve D düzeylerinde, son testte D, A, C düzeylerinde ve geciktirilmiş son testte ise D ve C düzeylerinde yığılmalar olduğu göze çarpmaktadır.

Ön testte D düzeyinde olan 10 ve 20 numaralı öğrenciler ile C düzeyinde bulunan 11, 14, 17 ve 23 numaralı öğrencilerin son testte A düzeyine çıktıkları görülmektedir. Son testte A düzeyinde bulunan 23 numaralı öğrencinin geciktirilmiş son testte yine bu düzeyde kalmasından dolayı bu öğrencinin görüşünde kalıcı kavramsal değişim olduğu söylenebilir. Son testte A düzeyinde bulunan ve geciktirilmiş son testte D (14, 17, 20) ve C (10, 11) düzeylerine inen öğrencilerin fikirlerinde kalıcı olmayan kavramsal değişim olduğu söylenebilir. Ayrıca ön test

ve son testte D düzeyinde bulunan 12 numaralı öğrencinin geciktirilmiş son testte B düzeyine yükselmiş olması da ilginç bir durum olarak gözükmektedir.



Şekil 5.12 Kontrol grubu öğrencilerinin herbirinin 4. soruda ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.

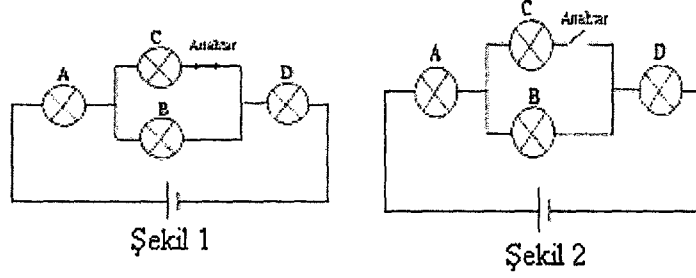
Şekil 5.12 incelendiğinde, ön testte D ve F düzeylerinde, son testte D düzeyinde ve geciktirilmiş son testte ise D ve F düzeylerinde yığılmalar olduğu gözle çarpılmaktadır.

Ön testte D düzeyinde bulunan 19 numaralı öğrencinin son testte A düzeyine çıktığı, fakat geciktirilmiş son testte ön testteki düzeyine (D) tekrar düştüğü görülmektedir. Son testte A düzeyinde bulunan ve geciktirilmiş son testte D düzeyine inen bu öğrencinin alternatif fikrinde meydana gelen değişimin kalıcı olmadığı söylenebilir.

Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerden geciktirilmiş son test sonucunda kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştirenlerin sayısına bakıldığında, deney grubunda bir kontrol grubunda ise hiçbir öğrencinin bulunmadığı görülmektedir. Bu sonuç, her iki grupta yapılan öğretimlerin öğrencilerin fikirlerinde kalıcı değişim oluşturma açısından başarılı olmadığını göstermektedir. Bu soru, öğrencilerin “piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikri ile ilgili olarak sorulmuş bir sorudur. Buradan elde edilen veriler, öğrencilerin bu fikirlerinde ne kadar ısrarcı olduğunu ve öğretimde bu alternatif fikir ile ilgili etkinliklerin gerçekleştirilmesinin bile bu fikrin değişiminde etkili olmadığını göstermektedir.

5. Soru

Aşağıdaki devrede bütün lambalar özdeştir. Buna göre:



a) Şekil 1’de anahtar kapalı konumdadır. Lambaların parlaklığı ile ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerin başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X isareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.

- $A=D>B=C$ $A>B=C>D$ $C>A=D>B$ $A=B=C=D$
 Anahtar kapalıyken hiçbir lamba yanmaz

Açıklamanız:

b) Şekil 2’de anahtar açık konumdadır. Lambaların parlaklığı ile ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerin başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X isareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız

- $A>B=C>D$ $A>B=D$, C yanmaz $A=D>B=C$ $A=B=C=D$
 $A>B>D$, C yanmaz Anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz

Açıklamanız:

Bu soru seri ve paralel bağlantıların olduğu bir devrede paralel kolda bulunan bir anahtarın açık veya kapalı olması durumunda lambaların parlaklık sıralamasının ne olacağı ile ilgili olarak öğrencilerin görüşlerini belirlemek amacıyla sorulmuştur.

Lambaların parlaklık sıralaması için a şıkkında doğru cevap $A=D>B=C$ seçeneğidir. a şıkkı için doğru açıklama ise, akım veya potansiyel farkı kavramlarını kullanarak yapılabilecek türden olmak üzere iki çeşittir. Akım kavramı kullanılarak yapılabilecek açıklama için doğru cevap aşağıda sunulmuştur:

- Devreden geçen ana kol akım değerini I kabul edersek bu akım A ve D lambalarından geçen akım değeridir. B ve C lambalarından geçen akım değerinin lambalar paralel bağlı olduğu için $I/2$ olacağını belirtmesi;
- Lambalar üzerinden geçen akım ile lambaların parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu bu yüzden de lambaların parlaklık sıralamasının $A=D>B=C$ olduğunun belirtilmesi.

Potansiyel farkı kavramı kullanılarak yapılabilecek açıklama için doğru cevap aşağıda sunulmuştur:

- A lambasının potansiyel farkını V kabul edersek, D lambasının da potansiyel farkı V olur. B ve C lambalarının paralel olması nedeniyle potansiyel farkları eşit fakat A lambasınınkinden daha küçük ve değerinin V/2 olacağını belirtmesi;
- Lambaların potansiyel farkı değeri ile lambaların parlaklığı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu bu yüzden de lambaların parlaklık sıralamasının $A=D>B=C$ olduğunu belirtmesi.

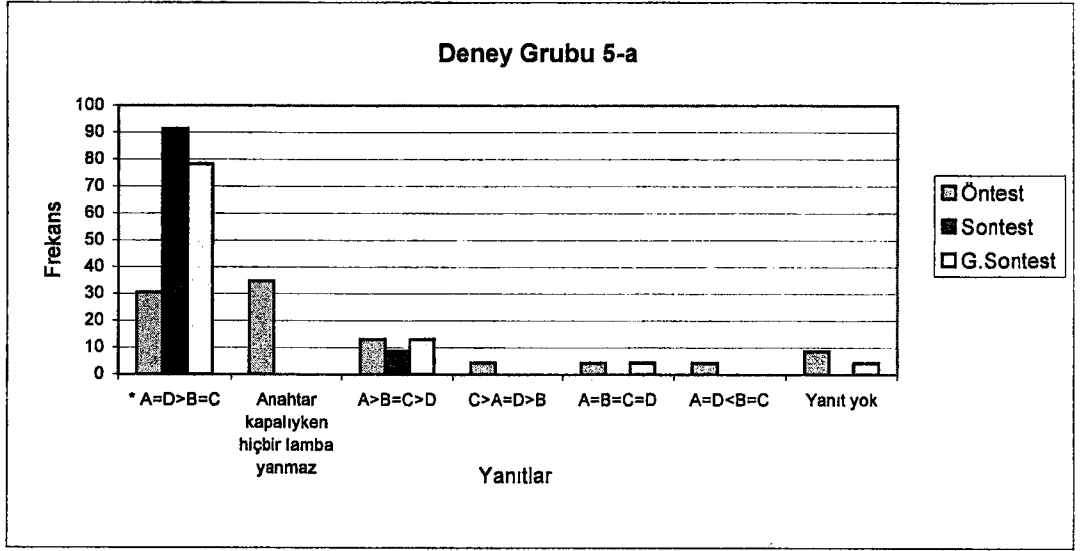
Sorunun b şıkında doğru cevap “ $A=B=D$, C yanmaz” seçeneğidir. b şıkkı için yapılabilecek doğru açıklama ise,

- Anahtar açık olduğu için C lambasının yanmayacağını,
- A,B,D lambalarının seri hale geleceğini,
- Lambalar seri olduğundan üzerlerinden geçen akım eşit olduğundan parlaklıklarının eşit olacağını veya,
- Lambaların her birinin potansiyel farkı değerleri eşit olduğundan parlaklıklarının da eşit olacağını belirtmesi.

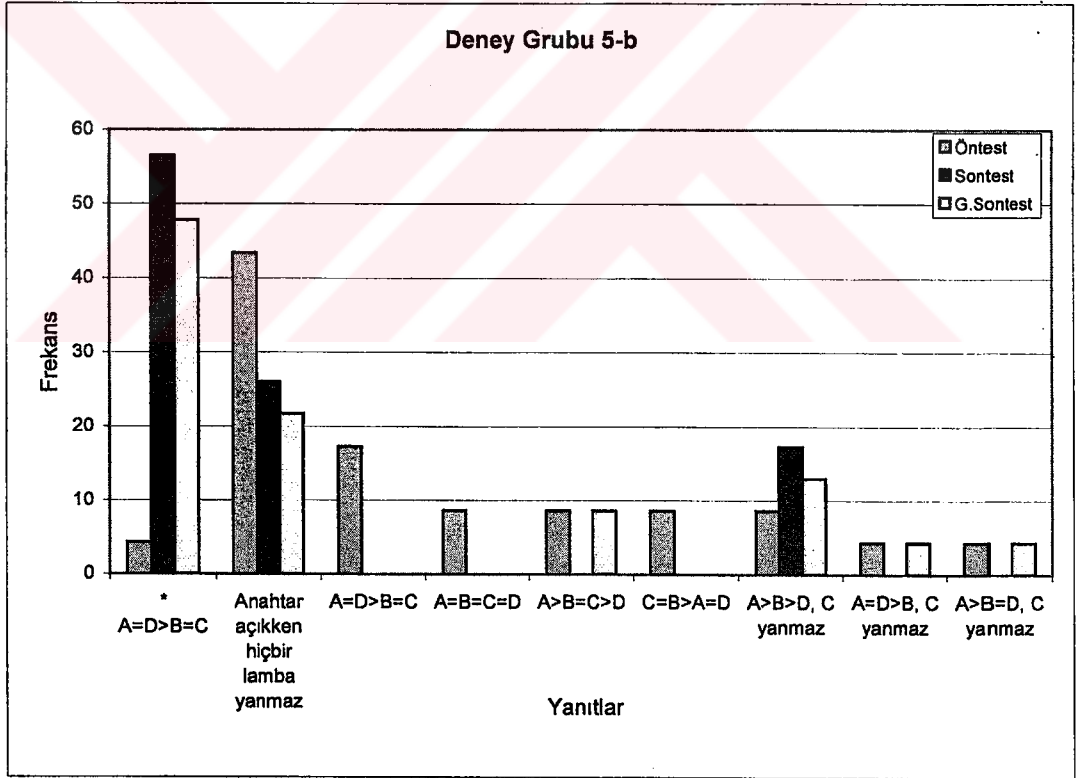
Deney grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri Tablo 5.21’de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.13 ve 5.14’te sunulmuştur.

Tablo 5.21 Deney grubu öğrencilerinin 5. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.

Şık	Yanıtlar	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
a	$A=D>B=C$	30.4	91.3	78.3
	Anahtar kapalıyken hiçbir lamba yanmaz	34.8	-	-
	$A>B=C>D$	13	8.7	13
	$C>A=D>B$	4.3	-	-
	$A=B=C=D$	4.3	-	4.3
	$A=D<B=C$	4.3	-	-
	Yanıt yok	8.7	-	4.3
	Toplam	99.8	100	99.9
b	$A=B=D$, C yanmaz	-	56.5	47.8
	Anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz	39.1	26.1	21.7
	$A=D>B=C$	17.4	-	-
	$A=B=C=D$	8.7	-	-
	$A>B=C>D$	8.7	-	8.7
	$C=B>A=D$	8.7	-	-
	$A>B>D$, C yanmaz	8.7	17.4	13
	$A=D>B$, C yanmaz	4.3	-	4.3
	$A>B=D$, C yanmaz	4.3	-	4.3
	Toplam	99.9	100	99.8



Şekil 5.13 Deney grubu öğrencilerinin 5. sorunun a şıkkı için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.



Şekil 5.14 Deney grubu öğrencilerinin 5. soru-b için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.21 ve Şekil 5.13'te görüldüğü gibi, 5. sorunun a şıkkında ön testte öğrencilerin % 30.4'ü $A=D>B=C$ doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 60.7'si ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla

işaretlenenleri, % 34.8 ile “anahtar kapalıyken hiçbir lamba yanmaz” ve % 13 ile $A>B=C=D$ dir.

Son testte öğrencilerin % 91.3’ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi neredeyse üç kat artmıştır. Sınıfın büyük bir çoğunluğunun doğru cevabı işaretlemiş olması bize deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olduğunu göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 78.3’ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 17.3 olmuştur. Son test ile karşılaştırıldığında geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi kısmen de olsa bir düşüş göstermektedir, fakat ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi yaklaşık iki buçuk kat artmıştır.

Her üç test sonuçlarına bakıldığında, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun a şıkında doğru cevaba yöneltme açısından etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 5.21 ve Şekil 5.14’te görüldüğü gibi 5. sorunun b şıkında, ön testte öğrencilerin hiç biri “ $A=B=D$, C yanmaz” doğru seçeneğini işaretlememişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri %39.1 ile “anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz”, % 17.4 ile “ $A=D>B=C$ ” ve % 8.7 ile “ $A=B=C=D$ ”, “ $A>B=C>D$ ”, “ $C=B>A=D$ ” ve “ $A>B>D$, C yanmaz” dır.

Öte yandan, son testte öğrencilerin % 56.5’i doğru seçeneği ve % 43.3’ü yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri % 26 ile “anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz” ve % 17.3 ile “ $A>B>D$, C yanmaz” dır. Sınıfın yarısından fazlasının doğru seçeneği işaretlemesi ve ön testte % 39.1 olan “anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz” seçeneğinin yüzdesinin 26’ya gerilemesi kısmen de olsa öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olduğunu göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise, öğrencilerin % 47.8’i doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 52 olmuştur. Son test ile kıyaslandığında geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi kısmen de olsa bir düşüş göstermektedir, fakat bu düşüşün önemli boyutlarda

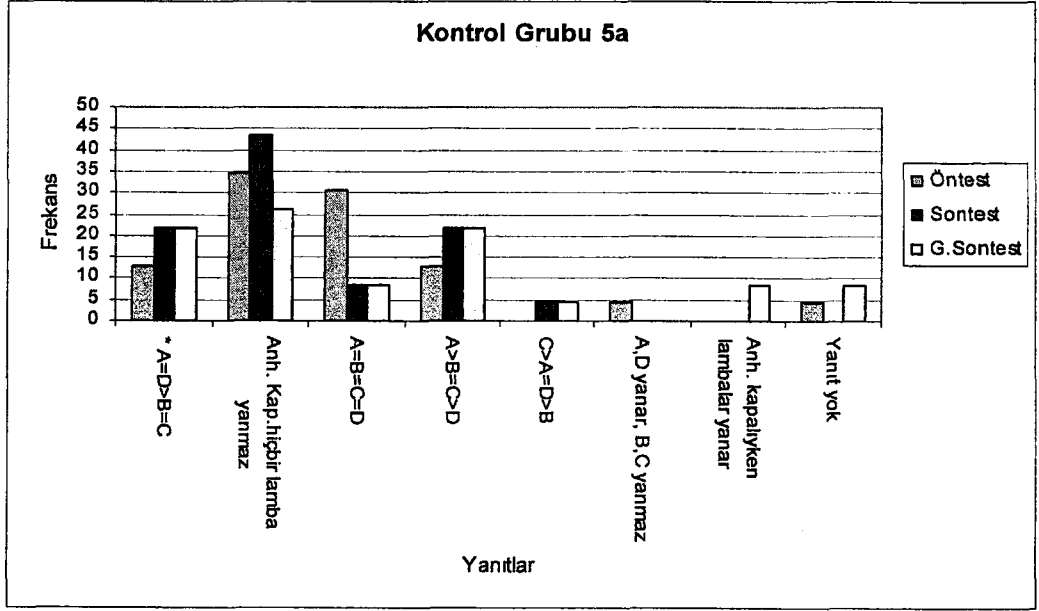
olmadığı görülmektedir. Geciktirilmiş son testte “Anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz” seçeneğini işaretleyen öğrenci yüzdesi 21.7'lere gerilemiştir.

Her üç test sonuçlarına bakıldığında, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun b şikkında doğru cevaba yöneltme açısından etkili olduğu söylenebilir.

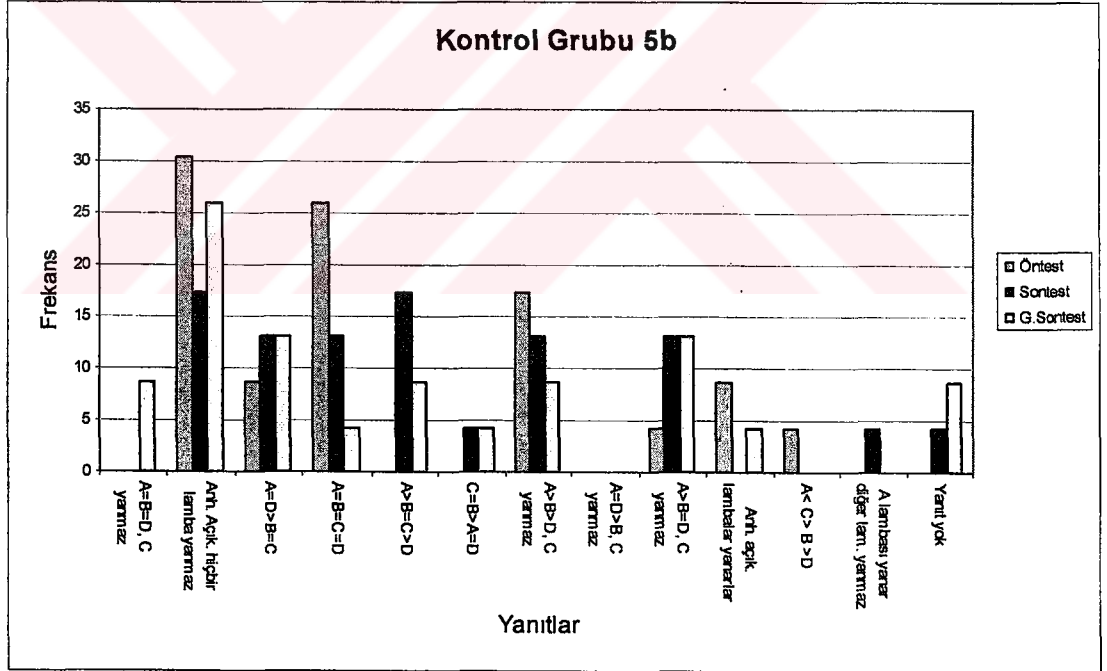
Kontrol grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.22’de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.15 ve 5.16’da sunulmuştur.

Tablo 5.22 Kontrol grubu öğrencilerinin 5. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.

Şık	Yanıtlar	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
a	A=D>B=C	13	21.7	21.7
	Anahtar kapalıyken hiçbir lamba yanmaz	34.8	43.5	26.1
	A=B=C=D	30.4	8.7	8.7
	A>B=C>D	13	21.7	21.7
	C>A=D>B	-	4.3	4.3
	A,D yanar; B, C yanmaz	4.3	-	-
	Anahtar kapalıyken lambalar yanar	-	-	8.7
	Yanıt yok	4.3	-	8.7
	Toplam	99.8	99.9	99.9
b	A=B=D, C yanmaz	-	-	8.7
	Anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz	30.4	17.4	26.1
	A=D>B=C	8.7	13	13
	A=B=C=D	26.1	13	4.3
	A>B=C>D		17.4	8.7
	C=B>A=D		4.3	4.3
	A>B>D, C yanmaz	17.4	13	8.7
	A=D>B, C yanmaz			
	A>B=D, C yanmaz	4.3	13	13
	Anahtar açıkken lambalar yanarlar	8.7	-	4.3
	A < C > B > D	4.3	-	
	A lambası yanar diğer lambalar yanmaz	-	4.3	
	Yanıt yok	-	4.3	8.7
	Toplam	99.9	99.7	99.8



Şekil 5.15 Kontrol grubu öğrencilerinin 5. sorunun a şıkkı için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.



Şekil 5.16 Kontrol grubu öğrencilerinin 5. sorunun b şıkkı için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.22 ve Şekil 5.15'ten anlaşılacağı üzere, 5. sorunun a şıkkında ön testte öğrencilerin % 13'ü $A=D>B=C$ doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 82.5'i ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 34.7 ile "anahtar kapalıyken hiçbir lamba yanmaz", % 30.4 ile " $A=B=C=D$ " ve % 13 ile " $A>B=C>D$ " dir.

Son testte öğrencilerin % 21.7'si doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi yaklaşık olarak iki kat artmıştır. Buna rağmen sınıfın büyük bir çoğunluğunun (% 78.2) yanlış seçeneği işaretlediği görülmektedir. “Anahtar açıkken hiç bir lamba yanmaz” seçeneğinin yüzdesi 43.4'e, $A>B=C>D$ seçeneğinin yüzdesi 21.7'ye yükselirken, “ $A=B=C=D$ ” seçeneğinin yüzdesi ise 8.7'ye gerilemiştir. Kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun a şıkında doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olduğu söylene de bu yüzdenin düşük olmasından dolayı genel anlamda etkili olduğu söylenemez.

Benzer şekilde, geciktirilmiş son testte de, öğrencilerin % 21.7'si doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 69.5 olmuştur. Son test ile kıyaslandığında, geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi değişmemiştir. Bu testte çarpıcı olan “anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz” seçeneğini işaretleyen öğrenci yüzdesinin 26.1'e gerilemiş olmasıdır. Geciktirilmiş son testte, hem ön test hem de son teste göre bu seçeneğin işaretlenme yüzdesinin düşmesi gerçekten de tuhaf bir durumdur. Diğer yanlış seçeneklerin işaretlenme yüzdesi ise son testteki yüzdelerle aynıdır.

Sorunun a şıkında her üç testin de sonuçlarına bakıldığında kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olmadığı söylenebilir.

Tablo 5.22 ve Şekil 5.16'da görüldüğü üzere, 5. sorunun b şıkında, ön testte öğrencilerin hiç biri “ $A=B=D$, C yanmaz” doğru seçeneğini işaretlememişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri %30.4 ile “anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz”, % 26.1 ile “ $A=B=C=D$ ” ve % 17.4 ile “ $A>B>D$, C yanmaz” dir.

Son testte yine öğrencilerin hiç biri “ $A=B=D$, C yanmaz” doğru seçeneğini işaretlememişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri % 17.4 ile “anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz” ve “ $A>B=C>D$ ” seçenekleri, % 13 ile “ $A=D>B=C$ ”, “ $A=B=C=D$ ”, “ $A>B=D$, C yanmaz” ve “ $A>B>D$, C yanmaz” seçenekleri olmuştur. Kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencilerin doğru cevaba ulaşmasını sağlayamadığı görülmektedir. Öğretim sonrası yanlış olan seçeneklerin işaretlenme yüzdelerinde bir değişiklik olmuştur.

Son testte öğrencilerden hiç birisi doğru yanıtı vermez iken, geciktirilmiş son testte öğrencilerin % 8.7'si doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Öğretimin son test

öncesi tamamlanmış olmasına rağmen geciktirilmiş son testteki bu artış ilginçtir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 82.4 olmuştur. Yanlış olan seçeneklerin işaretlenme yüzdelerinde çok az değişimler gözlenmiştir.

Her üç test sonuçlarına bakıldığında, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun b şıkında doğru cevaba yöneltme açısından etkili olmadığı söylenebilir.

Deney grubu öğrencilerinin 5. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.23'te sunulmuştur.

Tablo 5.23 Deney grubu öğrencilerinin 5. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Devrenin bağlantı şeklini önemseyerek, gelen akımın A lambasından geçtikten sonra paralel kolda iki eşit parçaya ayrıldığını, B ve C lambaları üzerinden geçtikten sonra birleşip D lambası üzerinden geçtiğini ifade edenler	13	56.5	47.8
B	¹ A ve D lambaları seri olduğu için parlaklıklarının eşit olduğunu, B ve C lambalarının parlaklıklarının eşit fakat paralel olduğu için parlaklıklarının A ve D den az olduğunu ifade edenler	-	34.8	30.4
D	¹ Anahtar kapalıyken akımın gelmeyeceğini ve hiçbir lambanın yanmayacağını ifade edenler	30.4	-	-
D	² Devrede akımın harcandığını ifade edenler.	13	8.7	13
D	³ Paralel bağlı lambaların seri bağlı lambalardan daha parlak olacağını ifade edenler.	4.3	-	-
E	¹ Pile uzak olan lambanın parlaklığının yakın olanlarına göre daha az olduğunu ifade edenler.	8.7	-	-
E	² Devrenin bağlantı şeklini önemsemeyerek lambaların parlaklığının eşit olduğunu ifade edenler	4.3	-	-
E	³ Anahtara yakın olan lambanın parlaklığının uzak olanlarına göre daha fazla olduğunu ifade edenler.	4.3	-	-
F	Kodlanamayan	17.4	-	4.3
G	Açıklama yok	4.3	-	4.3
	Toplam	99.7	100	99.8

Tablo 5.23'te de görüldüğü gibi, sorunun a şıkında, ön testte öğrencilerin % 13'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Öğrencilerin % 30.4'ü "anahtar kapalıyken akımın gelmeyeceğini ve hiçbir lambanın yanmayacağını" belirtmişlerdir. Günlük dilde, yanan bir lambayı söndürmek için "anahtarı kapat" ve lambayı yakmak için "anahtarı aç" şeklinde ifadeler kullanılmaktadır. Bu yüzden öğrencilerin anahtar kapatılınca bütün lambalar söner şeklindeki görüşleri günlük dilden kaynaklanan Türk öğrencilere özgü bir alternatif fikir olarak görülebilir. Öğrencilerin % 13'ü "devrede akım harcanır" kategorisi içine düşecek türden açıklamalar yapmışlardır. Kısacası, bu öğrenciler devrede dolanan akımın üzerinden geçtiği her bir lambadan sonra azalacağını düşünmektedirler.

Ön test sonuçlarına bakıldığında, öğrencilerin verdiği yanıtlar içinde en fazla yüzdeye sahip olunan açıklamanın “anahtar kapalıyken lambanın yanmayacağı” olduğu görülmektedir. Öğretim öncesi öğrencilerle yapılan görüşmelerde, bu açıklamayı yapan 9, 16 ve 21 numara kodlu öğrencilere bu açıklamayı neden yaptıkları sorulduğunda öğrencilerin bununla ilgili olarak verdikleri yanıtlar aşağıda sunulmuştur.

Görüşmeci: 5. soruda “anahtar kapalıyken hiçbir lamba yanmaz” demişsin.

Öğrenci (21): Ben yanlış şey vermişim hocam.

Görüşmeci: Yanlış mı demişsin?

Öğrenci (21): Evet hocam

Görüşmeci: Açıklamayı değiştirebilir misin?

Öğrenci (21): Tamam hocam burda kapalıyken hocam yanar hocam. Lambalar yanar hocam.

Görüşmeci: Parlaklıklarını kıyasla.

Öğrenci (21): Parlaklıkları parlaklıkları ... hepsi eşit hepsi eşit olur hocam.

Görüşmeci: Neden?

Öğrenci (21): hımm, hepsi bir devre üzerinde kurulu hocam buradan geliyor, ilk önce bu ikisinin B ile C'nin üzerinde birleşir, onlar yanar daha sonra ... daha sonra bunlar birbirine geldiğinde

Görüşmeci: Nasıl yani B ve C yanar önce?

Öğrenci (21): Bunların hepsi yanar hocam, aynı şekilde yanar.

Görüşmeci: Ama neden?

Öğrenci (21): Parlaklığı aynı.

Görüşmeci: “Anahtar kapalı olduğu zaman lamba yanmaz. Çünkü onları etkileyen ışık ve elektrik akımı olmaz” demişsin. Neye dayanarak bunu söyledin?

Öğrenci (16): Çünkü kapalı olduğu zaman, yani akım gelmez diye düşürmüştüm. Akım gelmez.

Görüşmeci: Neden gelmesin akım?

Öğrenci (16): ..., eee ..., yani kapalı olur. Akım şiddeti geçmek isterken yani anahtarda kalır diyorum. Anahtarda kalır ve geçemez. Akım şiddeti o yüzden.

Görüşmeci: Peki öteki lambalar neden yanmasın?

- Öğrenci (16): Öbürkü lambalar yanar. Sadece buradan akım şiddeti geldiği için, artı dan A ya gelir A dan iletişim yaparak B ve C'ye gelir. Yani D ye geçmez diyorum.
- Görüşmeci: D'ye geçmez diyorsun.
- Öğrenci (16): Yok ona da geçer. B'ye gelir, yani biraz daha geç ulaşır. D'ye çok geç ulaşır, çünkü B'de B' ye kadar.
- Görüşmeci: C yanar mı?
- Öğrenci (16): C de yanar.
- Görüşmeci: Hepsi yanar diyorsun.
- Öğrenci (16): Evet hepsi yanar diyorum.
- Görüşmeci: Ama burada anahtar kapalıyken şu lamba (C)yanmaz demişsin.
- Öğrenci (16):, hımmm.
- Görüşmeci: Parlaklıklarını sırala o zaman.
- Öğrenci (16): Artı yani artı da ilk önce A'ya gelir. A'dan ikisine de etkileşim yaparak dalgalar şeklinde B ve C'ye ulaşır. B ve C, B'den D'ye geçer C'den geçemez çünkü anahtar kapalı olduğu için. B'den D'ye.
- Görüşmeci: Bir sıralama yap.
- Öğrenci (16): A büyüktür,, B ve C eşittir, ondan sonra D küçüktür.
- Görüşmeci: Şimdi demişinki 5. soruda anahtar kapalıyken hiçbiri yanmaz demişsin. Niye böyle bir şey dedin. Burada anahtar kapalı. Anahtarı kapattığımız zaman neden hiçbir lamba yanmasın? Yani bu açıklamanı biraz daha açiver bana. Tam anlayamadım.
- Öğrenci (9): Burası kapalıyken?
- Görüşmeci: hıhı.
- Öğrenci (9): Açıkken ...
- Görüşmeci: Açıkken mi demek isteyecektin orada.
- Öğrenci (9): Evet yanlış yapmışım. Evet ters anlamışım yani.
- Görüşmeci: Peki kapalıyken şimdi, lambanın parlaklığını sırala o zaman.
- Öğrenci (9): Kapalıyken bu yanar önce, sonra bunlar yanar işte, en son bu.
- Görüşmeci: Parlaklıkları peki?
- Öğrenci (9): Parlaklıkları, bunlar daha fazla olur (B ve C).
- Görüşmeci: Neden ?
- Öğrenci (9): Paralel onlar. onlar eşit olur.

9, 16 ve 21 numaralı öğrencilerin öğretim öncesi bu soru ile ilgili olarak “anahtar kapalıyken bütün lambalar söner” türündeki açıklamalarını “ben yanlış anlamışım soruyu, lambalar yanar” şeklinde değiştirerek farklı cevaplar verdikleri görülmektedir. Ön test uygulandıktan sonra öğrencilerle görüşmeler yapıldığından, öğrencilerin sınıftaki diğer arkadaşlarıyla bu bir haftalık süre zarfında soruyu tartışmış olabilecekleri ve görüşlerinde bu yüzden ısrar etmedikleri ve değiştirdikleri araştırmacı tarafından düşünüldüğünden tekrar bu öğrencilerle görüşülmüştür. Bu öğrencilerden 9 ve 21 numaralı öğrenciler “evlerimizde lambaları yakmak için kullandığımız anahtarlar aklıma geldi bu yüzden anahtar kapatılınca lamba söner dedim, fakat daha sonra sınıftan başka arkadaşlarımla bunu tartıştım ve bu fikrimin yanlış olduğunun farkına vardım” şeklinde açıklama yapmışlardır. 16 numaralı öğrenci ise gerçekten yanlış anladığını ve açıklamasını bu yüzden değiştirdiğini ifade ederek; C lambasına akımın geleceğini ve lambayı yakacağını fakat anahtar açık olduğu için akımın orada kalacağını belirtmiştir.

Son testte öğrencilerin toplam % 91.3’ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklamaların % 56.5’i tam doğru, % 34.8’i ise kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Öğrencilerin % 4.3’ü “anahtar kapalıyken akımın gelmeyeceğini ve hiçbir lambanın yanmayacağını” belirtmişlerdir. Günlük dilden kaynaklandığı düşünülen bu alternatif fikri, öğretim sonrasında açıklamalarında kullanan öğrenci yüzdesinin çok büyük bir oranda düştüğü görülmektedir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun doğru açıklamayı yapmış olmasından dolayı, deney grubunda yapılan öğretimin, öğrencileri sorunun a şığında doğru bir açıklama yapmaya sevk etmede başarılı olduğunu göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte toplam % 78.2 oranında öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptığı görülmektedir. Bu açıklamalardan % 47.8’i tam doğru, % 30.4’ü ise kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Bu testte doğru açıklama yüzdesi son test ile kıyaslandığında kısmen de olsa biraz düşmüştür. “Anahtar kapalıyken akımın gelmeyeceğini ve hiçbir lambanın yanmayacağını” kategorisi içerisine düşen açıklamayı geciktirilmiş son testte hiçbir öğrenci yapmamıştır.

Deney grubu öğrencilerinin 5. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.24’te sunulmuştur.

Tablo 5.24 Deney grubu öğrencilerinin 5. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzy	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Anahtarın açık olduğu koldaki lambanın yanmayacağını ve A,B,D lambalarının seri hale geleceğini, üzerlerinden geçen akım aynı olduğundan parlaklıklarının eşit olacağını ifade edenler.	-	60.9	47.8
C	¹ Anahtarın açık olduğu koldaki lambanın yanmayacağını ve devrede akımın harcadığını ifade edenler.	8.7	13	4.3
C	² Anahtarın açık olduğu koldaki lambanın yanmayacağını ve akımın pilin her iki kutbundan da geldiğini ifade edenler.	4.3	-	-
D	¹ Anahtar açıkken hiçbir lambanın yanmayacağını ifade edenler	39.1	26.1	21.7
D	² Paralel bağlı lambaların seri bağlı lambalardan daha parlak olacağını ifade edenler.	26.1	-	-
D	³ Anahtarın açık olduğu koldaki lambanın yanmayacağını fakat akımın C lambasına kadar gideceğini ve orada kalacağını ifade edenler.	4.3	-	8.7
E	¹ Pile uzak olan lambanın parlaklığının yakın olanlarınkine göre daha az olduğunu ifd. ed.	4.3	-	-
E	² Anahtarın durumunu önemsemeyerek lambaların parlaklığının eşit olduğunu ifade edenler	4.3	-	-
E	³ Anahtar açıkken C lambasından akım geçeceğini, kapalıyken geçmeyeceğini ifade edenler.	-	-	4.3
E	⁴ Anahtarın açık veya kapalı olmasının hiçbir şeyi değiştirmeyeceğini ifade edenler.	-	-	4.3
F	Kodlanamayan	8.7	-	4.3
G	Açıklama yok	-	-	4.3
	Toplam	99.8	100	99.7

Tablo 5.24’te de görüldüğü gibi, sorunun b şıkında, ön testte hiçbir öğrenci bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Öğrencilerin % 39.1’i “anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz” şeklindeki açıklamayı yapmışlardır.

Bu açıklamayı yapan öğrencilerin, anahtar sanki ana kol üzerindeymiş gibi düşündükleri ve bu yüzden lambaların hiçbirinin anahtar açık olduğu için yanmadığını ifade ettikleri söylenebilir. Ayrıca öğrencilerin % 26.1'i "paralel bağlı lambalar seri bağlı lambalardan daha parlaktır" şeklindeki açıklamayı kullanmışlardır. Bu ifadeyi öğrencilerin kullanmasının nedeni olarak İlköğretim I. sınıf ders kitaplarında sunulan seri ve paralel direnç konusu gösterilebilir. Çünkü bu konuda, iki özdeş lambanın önce seri sonra paralel bağlandığı şekilde paralel bağlı lambaların seri bağlı lambalardan daha parlak yandığı resmedilmektedir. Öğrenciler ders kitabındaki şekilden veya ders öğretmeninin yapmış olabileceği "şekilde de gördüğünüz gibi paralel bağlı lambalar seri bağlı lambalardan daha parlak yanar" türünden bir genelleme sonucunda bu görüşe ulaşmış olabilirler.

Son testte öğrencilerin % 60.9'u bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu tam doğru kategorisi içine düşen bir açıklama türüdür. Öte yandan, öğrencilerin % 26.1'i "anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz" şeklindeki açıklamayı yapmışlardır. Ön test ile kıyaslandığında bu yanıt kategorisinin yüzdesinde kısmen de olsa bir düşüş gözlenmektedir. Öğrencilerin yarıdan fazlasının doğru açıklamayı yapmış olması göz önüne alındığında deney grubunda yapılan öğretimin sorunun b şıkında öğrencileri doğru açıklamaya yöneltmede başarılı olduğu söylenebilir. Ayrıca "paralel bağlı lambalar seri bağlı lambalardan daha parlak yanarlar" şeklindeki açıklamayı son testte hiçbir öğrenci yapmamıştır.

Geciktirilmiş son testte, öğrencilerin % 47.8'inin bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptığı görülmektedir. Bu testte doğru açıklama yüzdesi son test ile kıyaslandığında kısmen de olsa biraz düşmüştür. Öğrencilerin % 21.7'si "anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz" açıklamasını yapmışlardır. Bu düşüncenin kısmen de olsa ön test ve son teste göre yüzdesinin azaldığı görülmektedir..

Genel olarak bakıldığında, öğrencilerin, "anahtar kapalıyken veya açıkken hiçbir lamba yanmaz" alternatif fikirlerinde kavramsal değişimi sağlayabilmek amacıyla öğretimde gerçekleştirilen Bölüm 1 Etkinlik 2'nin 2. kısmında yer alan aktivitenin etkili olduğu söylenebilir.

5. soruda deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları ($p=0.00$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçtan, deney grubunda yapılan

öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olduğu söylenebilir.

Deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.01$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bilginin kalıcılığı açısından düşünüldüğünde, deney grubunda yapılan öğretimin etkili olmadığı söylenebilir. Ön test ile geciktirilmiş son testin karşılaştırılmasından elde edilen istatistiksel analiz sonucu ($p= 0.01$) ise geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlardan, deney grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama bakımından etkili olduğu ve kazanılan bilginin de kısmen de olsa unutulduğu söylenebilir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 5. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.25'te sunulmuştur.

Tablo 5.25 Kontrol grubu öğrencilerinin 5. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Devrenin bağlantı şeklini önemseyerek, gelen akımın A lambasından geçtikten sonra paralel kolda iki eşit parçaya ayrıldığını, B ve C lambaları üzerinden geçtikten sonra birleşip D lambası üzerinden geçtiğini ifade edenler (Lambalar üzerinden geçen akım ile parlaklığının doğru orantılı olduğunu...)	4.3	13	4.3
B	¹ Seri bağlı lambaların paralel bağlı lambalardan daha parlak olacağını ifade edenler.	-	13	13
C	¹ Anahtar kapalı olduğundan her lambadan akım geçeceğini ve hepsinin parlaklığının aynı olacağını ifade edenler.	17.4	-	17.4
D	¹ Anahtar kapalıyken akımın gelmeyeceğini ve hiçbir lambanın yanmayacağını ifade edenler	30.4	43.5	30.4
D	² Devrede akımın harcandığını ifade edenler.	4.3	8.7	17.4
D	³ Anahtar kapalı olduğundan B ve C lambalarının yanmayacağını ve A ile D lambalarının seri olduğundan yanacağını ifade edenler.	4.3	-	-
D	⁴ A ve D lambalarının B ve C lambalarının direncinden daha büyük olduğunu bu yüzden A ve D nin daha parlak olacağını ifade edenler.	4.3	-	-
E	¹ Anahtara yakın olan lambanın parlaklığının uzak olanlarınkine göre daha fazla olduğunu ifade edenler.	-	4.3	-
F	Kodlanamayan	17.4	8.7	8.7
G	Açıklama yok	17.4	8.7	8.7
	Toplam	99.8	99.9	99.9

Tablo 5.25'te de görüldüğü gibi, sorunun a şıkında, ön testte öğrencilerin % 4.3'ü bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Öğrencilerin % 30.4'ü "anahtar kapalıyken akımın gelmeyeceğini ve hiçbir lambanın yanmayacağını" belirtmişlerdir. Daha öncede belirtildiği gibi bu fikir günlük dilden kaynaklanan öğrencilerin sahip olduğu bir alternatif fikirdir. Bu duruma en güzel örnek olarak, kontrol grubunda 22 numaralı öğrencinin bu soru için yaptığı açıklama verilebilir. Bu öğrencinin yaptığı açıklama "Anahtar kapalı durumda bu nedenle hiçbir yere elektrik gitmez. Örneğin evde ışıkları kapatmak için anahtarı kullanırız. Kapatıldığı zaman hiçbir lamba yanmaz" şeklindedir. Öğrencilerin % 17.4'ü "anahtar kapalı olduğunda her lambadan aynı akım geçer ve lambaların parlaklığı

aynı olur” şeklindeki açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklamayı yapan öğrencilerin, devrede lambaların bağlantı şekline dikkat etmedikleri göze çarpmaktadır.

Son testte öğrencilerin toplam % 26.1’i bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklamalardan % 13’ü tam doğru, % 13’ü ise kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Öğrencilerin % 43.5’i “anahtar kapalıyken akımın gelmeyeceğini ve hiçbir lambanın yanmayacağını” belirtmişlerdir. Ön test ile kıyaslandığında bu kategorideki açıklama yüzdesinde bir artış olduğu görülmektedir. Bu sorunun a şıkında öğrencilerin bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı kısmen de olsa yapmış olmalarına rağmen öğrencilerin dörtte üçünün yanlış açıklamaları yapmış olması, kontrol grubunda yapılan öğretimin etkili olmadığını göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise, toplam % 17.4 oranında öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yaptığı görülmektedir. Bu açıklamalardan % 4.3’ü tam doğru, % 13’ü ise kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Bu testte doğru açıklama yüzdesi son test ile kıyaslandığında yaklaşık iki kat oranında düşmüştür. Doğru cevap yüzdesinin oldukça düşük olması ve son teste oranla bu yüzdenin yarı yarıya azalması kontrol grubunda yapılan öğretimin başarılı olmadığını göstermektedir. Öğrencilerin % 30.4’ü “anahtar kapalıyken akımın gelmeyeceğini ve hiçbir lambanın yanmayacağını” belirtmişlerdir. Günlük dilden kaynaklanan bu fikrin son testte kısmen arttığı fakat geciktirilmiş son testte yine ön testteki ile aynı orana geldiği görülmektedir. Öğrencilerin % 17.4’ü “anahtar kapalı olduğunda her lambadan aynı akım geçer ve lambaların parlaklığı aynı olur” şeklindeki açıklamayı yapmışlardır. Son testte öğrencilerin açıklamalarında kullanmadıkları bu ifade geciktirilmiş son testte ön testteki yüzdesiyle aynı olmuştur. Bu testte ayrıca öğrencilerin % 17.4’ü “akımın devrede harcandığı” şeklindeki görüşü belirtmişlerdir.

Son testte toplam % 26.1 ve geciktirilmiş son testte toplam % 17.4 oranında öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmış oldukları görülmektedir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun yanlış açıklamaları yapmış olmaları, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yönlendirmede etkili olmadığını göstermektedir. Bunun en büyük kanıtı, günlük dilden kaynaklanan alternatif fikrin, yapılan öğretim sonucunda ortadan kalkmadığı hatta son testte daha da arttığının görülmesidir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 5. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.26’da sunulmuştur.

Tablo 5.26 Kontrol grubu öğrencilerinin 5. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Anahtarın açık olduğu koldaki lambanın yanmayacağını ve A,B,D lambalarının seri hale geleceğini, üzerlerinden geçen akım aynı olduğundan parlaklıklarının eşit olacağını ifade edenler.	4.3	-	4.3
C	¹ Anahtarın açık olduğu koldaki lambanın yanmayacağını ve devrede akımın harcandığını ifade edenler.	8.7	13	8.7
D	¹ Anahtar açıkken hiçbir lambanın yanmayacağını ifade edenler	30.4	17.4	26.1
D	² Anahtarın açık olduğu koldaki lambanın yanmayacağını fakat akımın C lambasına kadar gideceğini ve orada kalacağını ifade edenler.	-	13	17.4
D	³ Seri lambaların paralellere göre daha parlak olacağını ifd. ed.	-	13	-
D	⁴ Paralel lambaların serilere göre daha parlak olacağını ifade edenler.	-	8.7	-
D	⁵ Anahtar açıkken C lambasının yanacağını ve paralel bağlı lambaların seri bağlı lambalardan daha parlak olacağını ifade edenler.	-	-	4.3
D	⁶ Anahtar açıkken C lambasının yanacağını ve seri bağlı lambaların paralel bağlı lambalardan daha parlak olacağını ifade edenler.	-	-	4.3
E	¹ Pile uzak olan lambanın parlaklığının yakın olanlarınkine göre daha az olduğunu ifade edenler.	-	4.3	4.3
E	² Anahtar açıldığında bütün lambaların aynı parlaklıkta yanacağını ifade edenler	34.8	13	13
E	³ A ve D nin kuvveti B ve C nin kinden büyüktür (Elektrik ile ilgisi olmayan kavram...	4.3	-	-
F	Kodlanamayan	13	8.7	4.3
G	Açıklama yok	4.3	8.7	13
	Toplam	99.8	99.8	99.7

Tablo 5.26’da da görüldüğü gibi, sorunun b şıkında, ön testte öğrencilerin % 4.3’ü bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Öğrencilerin % 34.8’i

“anahtar açıldığında bütün lambalar aynı parlaklıkta yanar” ve % 30.4’ü “anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz” şeklindeki açıklamayı yapmışlardır.

Geleneksel öğretimi almış olmalarına rağmen, son testte öğrencilerin hiç biri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamışlardır. Tablo 5.26’da da görüldüğü gibi bu testte öğrencilerin yaptıkları açıklamaların belirgin bir oranda bir veya birkaç yanıt kategorisinde toplanmamıştır. “Anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz” şeklindeki açıklamanın yüzdesi (%17.4) ön testtekine oranla yaklaşık olarak yarı yarıya azalmıştır. Öğrencilerin % 13’ü “anahtar açıldığında bütün lambalar aynı parlaklıkta yanar” şeklindeki açıklamayı yapmışlardır. Bu kategorinin ön testteki yüzdesiyle kıyaslandığında, son testte büyük bir oranda azaldığı görülmektedir. Hiçbir öğrencinin doğru açıklamayı yapmamış olması, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltmede başarılı olmadığını göstermektedir.

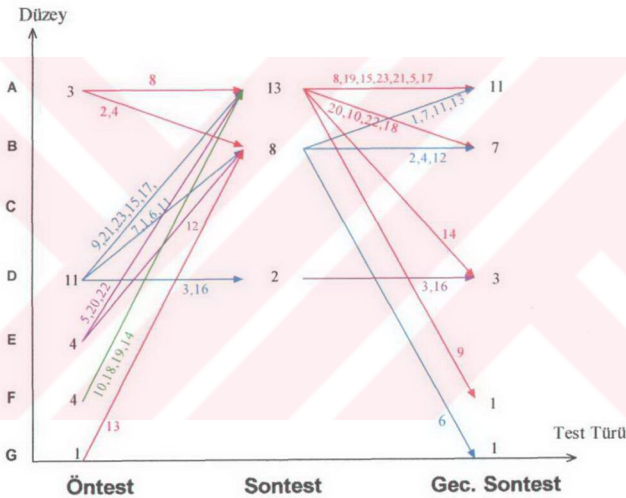
Geciktirilmiş son testte, öğrencilerin % 4.3 bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Bu testte öğrencilerin % 26.1’inin yaptığı “anahtar açıkken hiçbir lamba yanmaz” açıklamasının yüzdesi neredeyse ön testteki yüzdeye yaklaşmıştır. Öğrencilerin % 13’ü “anahtar açıldığında bütün lambalar aynı parlaklıkta yanar” şeklindeki açıklamayı yapmışlardır. Bu kategorideki açıklamanın yüzdesinin son testle aynı olduğu ve ön testte göre ise büyük bir oranda azaldığı görülmektedir. Öğrencilerin % 17.4’ü “anahtarın açık olduğu koldaki lamba yanmaz fakat akım C lambasına kadar gider ve orada kalır” şeklindeki açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklama ön testte hiçbir öğrenci tarafından yapılmamışken, öğretim sonrası son testte öğrencilerin % 13’ü, geciktirilmiş son testte ise % 17.4’ünün bu açıklamayı yaptığı görülmektedir. Buradan, bu açıklamanın yapılan öğretim sonucunda öğrenciler tarafından kazanıldığı söylenebilir.

5. soruda kontrol grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.23$) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Ayrıca, benzer bir durum son test-geciktirilmiş son test ($p= 0.08$) ve ön test-geciktirilmiş son testte de ($p= 0.89$) bulunmaktadır. Bu durum, kontrol grubunda yapılan öğretimin son test ve geciktirilmiş son testte öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testten ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları, son test ($p= 0.00$) ve

geciktirilmiş son testin ($p= 0.00$) her ikisinde de deney grubu lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlara göre, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre hem kavramsal anlama hem de bilginin kalıcılığı açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

Kavramsal Değişimin İncelenmesi: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testte 5. sorunun a şıkında buldukları düzeyleri ve düzeyler arası geçişlerini gösteren şekiller aşağıda sunulmuştur.



Şekil 5.17 Deney grubu öğrencilerinin her birinin, 5. sorunun a şıkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri

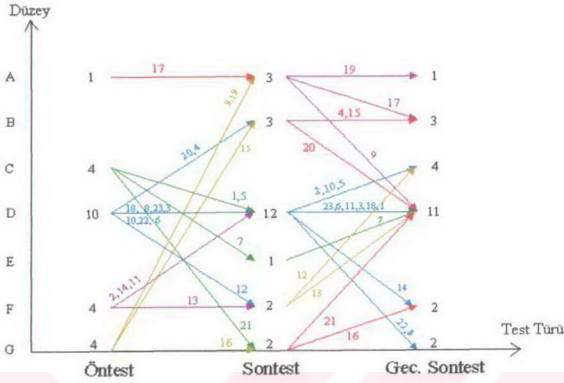
Şekil 5.17 incelendiğinde, ön testte D, E, F, A düzeylerinde, son testte A, B düzeylerinde ve geciktirilmiş son testte ise A, B, D düzeylerinde yığılmalar olduğu göze çarpmaktadır.

Ön testte, D düzeyinde olan 9, 21, 23, 15, 17 numaralı öğrenciler, E düzeyinde olan 5, 20, 22 numaralı öğrenciler ile F düzeyinde olan 10, 18, 19, 14 numaralı öğrencilerin son testte A düzeyine ve ön testte D düzeyinde bulunan 7,1,6,11 numaralı öğrenciler, E düzeyinde bulunan 12 numaralı öğrenci ile G düzeyinde bulunan 13 numaralı öğrenci son testte B düzeyine çıkmışlardır. Ayrıca

ön testte A düzeyinde bulunan 8 numaralı öğrenci son testte yine A düzeyinde kalmışken, 2 ve 4 numaralı öğrenciler B düzeyine düşmüşlerdir.

Son testte A ve B düzeyinde bulunan öğrencilerden geciktirilmiş son testte yine bu düzeylerden birinde kalan 8, 19, 15, 23, 21, 5, 17, 20, 10, 22, 18, 1, 7, 11, 13, 2, 4, 12 numaralı öğrencilerin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir. Örneğin ön testte “*Anahtar kapalıyken hiçbir lamba yanmaz. Akım gelmediği için yanmaz*” şeklinde düşünen 11 numaralı öğrenci son test ve geciktirilmiş son testte bu düşüncesini bırakarak bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmıştır. Bu açıklamalar son testte “*A ve D lambaları seri bağlıdır, B ve C’den daha çok ışık verir. B ve C lambaları A ve D’nin yarısı kadar ışık verir çünkü paraleldir*” ve geciktirilmiş son testte ise “*A ile D aynı yanar güç B ve C’ye giderken ikiye ayrılır bunun için az yanar*” şeklindedir. Son testte A ve B düzeyinde bulunan öğrencilerden geciktirilmiş son testte D (14), F (9) ve G (6) düzeyine düşen öğrencilerin fikirlerinde kalıcı olmayan kavramsal değişim olduğu söylenebilir. Örneğin ön testte “*Anahtar kapalıyken lambaların hiçbiri yanmaz*” şeklinde düşünen 9 numaralı öğrenci son testte “*Akım + yönden ilerler A lambasına geldikten sonra 2’ye ayrılır. Akım yarıya iner. Sonra akım birleşir. D lambasına gelir yani $A=D>B=C$* ” şeklindeki doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Fakat bu öğrencinin geciktirilmiş son testte “*Çünkü A lambası D’ye göre değil C ile B’ye göre seri bağlanmıştır. Bundan dolayı lambalar aynı parlaklığı verir*” şeklinde yaptığı açıklama kodlanamayan (F düzeyi) grubu içinde yer almıştır.

Deney grubunda yapılan öğretim sonucunda toplam onsekiz öğrencinin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim olmuştur. Ön testte, “*Anahtar kapalıyken akım gelmez ve hiçbir lamba yanmaz*” alternatif fikrine sahip 1, 6, 11, 16, 9, 21, 3 numaralı öğrencilerden 1, 6, 9, 11 ve 21’ in son testte bu görüşlerini terk ederek A veya B düzeyine çıktıkları, 3 ve 16 numaralı öğrencilerin ise bu görüşlerini bıraktıkları fakat bu sefer de D2 kategorisinde yer aldıkları görülmektedir.



Şekil 5.18 Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin, 5. sorunun a şıkkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri

Şekil 5.18 incelendiğinde, ön testte D, C, F, G düzeylerinde, son testte D, A, B düzeylerinde ve geciktirilmiş son testte ise D, C, B düzeylerinde yığılmalar olduğu göze çarpmaktadır. Öğrencilerin her üç testte de en fazla D düzeyinde buldukları ilk bakışta göze çarpan bir durumdur.

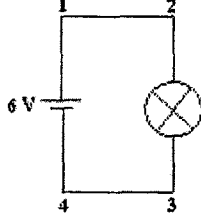
Ön testte, D düzeyinde olan 9, 21, 23, 15, 17 numaralı öğrenciler, E düzeyinde olan 5, 20, 22 numaralı öğrenciler ile F düzeyinde olan 4,20 numaralı öğrenciler ile G düzeyinde bulunan 15 numaralı öğrencinin son testte B düzeyine ve G düzeyinde bulunan 9,19 numaralı öğrencilerin son testte A düzeyine yükseldikleri görülmektedir. Ön testte A düzeyinde bulunan 17 numaralı öğrenci son testte yine bu düzeyde kalmıştır.

Son testte A ve B düzeyinde bulunan 9, 19, 20, 4, 15 numaralı öğrencilerden 4, 19, 15'in geciktirilmiş son testte yine bu düzeylerde kalmalarından dolayı bu öğrencilerin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim, 9 ve 20'nin geciktirilmiş son testte D düzeyine düşmelerinden dolayı bu öğrencilerin fikirlerinde kalıcı olmayan kavramsal değişim olduğu söylenebilir.

Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerden geciktirilmiş son test sonucunda kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştirenlerin sayısına bakıldığında, deney grubundakilerin sayısının kontrol grubundakilerinden altı kat daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre kavramsal değişimi sağlama açısından daha etkili olduğunu göstermektedir.

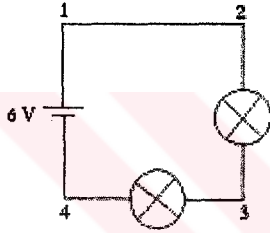
6. Soru

Aşağıda verilen her iki devredeki lambalar özdeşdir. Her bir devrenin istenen iki noktası arasındaki potansiyel farkı ile ilgili olarak aşağıda verilen yanıtların başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X isareti koyunuz. Verdiginiz cevabi kısaca aciklayiniz



- 1 ile 2 arası=6 Volt, 2 ile 3 arası=6 Volt, 3 ile 4 arası=6 Volt
 1 ile 2 arası=6 Volt, 2 ile 3 arası=3 Volt, 3 ile 4 arası=3 Volt
 1 ile 2 arası=0 Volt, 2 ile 3 arası=6 Volt, 3 ile 4 arası=0 Volt
 1 ile 2 arası=2 Volt, 2 ile 3 arası=2 Volt, 3 ile 4 arası=2 Volt

Açıklamanız:



- 1 ile 2 arası=6 Volt, 2 ile 3 arası=6 Volt, 3 ile 4 arası=6 Volt
 1 ile 2 arası=6 Volt, 2 ile 3 arası=3 Volt, 3 ile 4 arası=0 Volt
 1 ile 2 arası=0 Volt, 2 ile 3 arası=3 Volt, 3 ile 4 arası=0 Volt
 1 ile 2 arası=2 Volt, 2 ile 3 arası=2 Volt, 3 ile 4 arası=2 Volt
 1 ile 2 arası=0 Volt, 2 ile 3 arası=3 Volt, 3 ile 4 arası=3 Volt

Açıklamanız:

Potansiyel fark kavramı temelli bu soruda, öğrencilerin devre elemanları ve iletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkı ile ilgili görüşlerini test etmek amaçlanmıştır. Soruda öğrencilerden, bir pil ve lambadan oluşan bir devre ve seri bağlı özdeş iki lamba ve bir pilden oluşan ikinci bir devrede lambaların ve iletken tellerin potansiyel farklarının ne olduğunu tahmin etmeleri ve tahminlerini açıklamaları istenilmiştir.

Sorunun I. kısmında doğru seçenek "1 ile 2 arası=0 volt, 2 ile 3 arası=6 volt, 3 ile 4 arası=0 volt" dur ve yapılabilecek açıklama için doğru cevap aşağıda sunulmaktadır:

- Lambanın potansiyel farkı pilin potansiyel farkına eşittir. Bu yüzden lambanın potansiyel farkı 6 V'dir.
- İletken tellerin potansiyel farkı ise sıfırdır. Çünkü iletken tellerin dirençleri sıfırdır (veya sıfır olarak kabul edilmektedir).

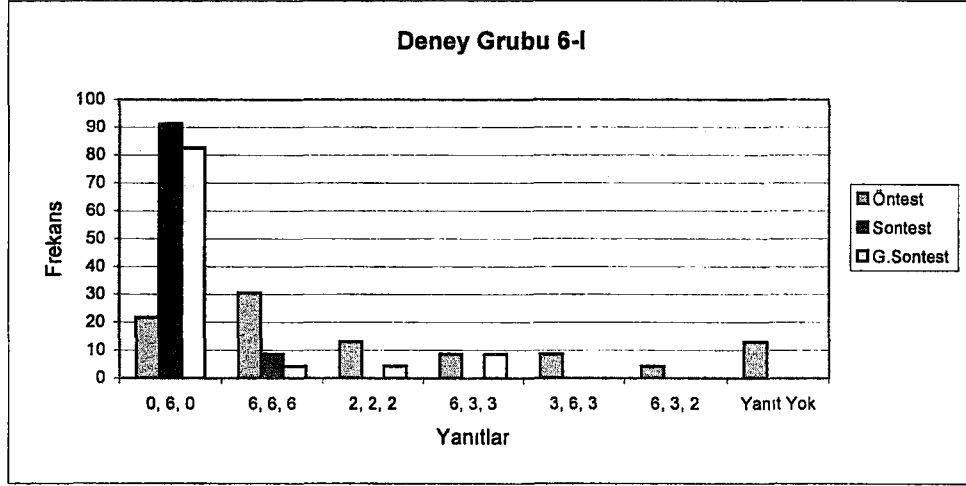
II. kısmında doğru seçenek "1 ile 2 arası=0 volt, 2 ile 3 arası=3 volt, 3 ile 4 arası=3 volt" tur ve yapılabilecek açıklama için doğru cevap aşağıda sunulmaktadır.

- Lambalar özdeş olduğundan her ikisinin potansiyel farkları eşittir. Pilin potansiyel farkı lambaların potansiyel farkları toplamına eşittir. Bu yüzden her bir lambanın potansiyel farkı 3 V'dir.
- İletken tellerin potansiyel farkı ise sıfırdır. Çünkü iletken tellerin dirençleri sıfırdır (veya sıfır olarak kabul edilmektedir).

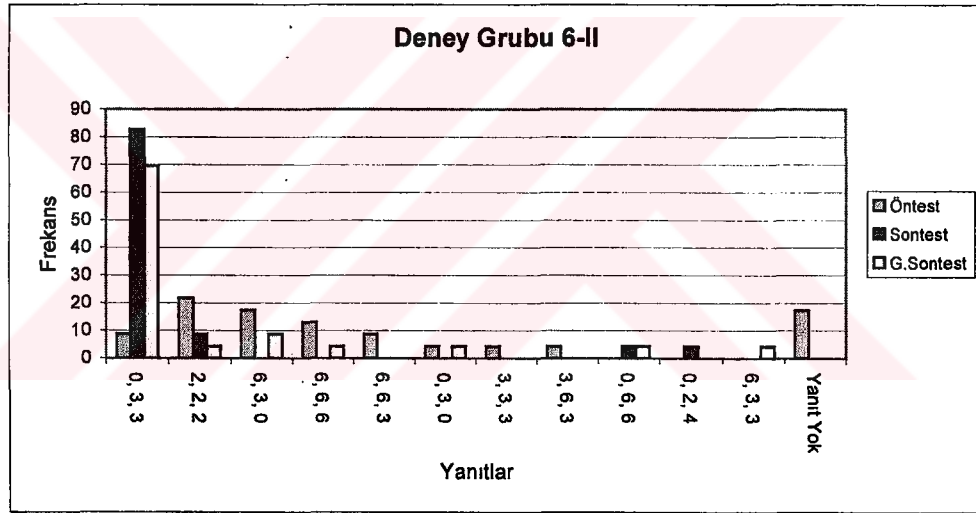
Deney grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri Tablo 5.27'de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.19 ve 5.20'de sunulmaktadır.

Tablo 5.27 Deney grubu öğrencilerinin 6. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.

	Yanıtlar	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
I	0, 6, 0	21.7	91.3	82.6
	6, 6, 6	30.4	8.7	4.3
	2, 2, 2	13	-	4.3
	6, 3, 3	8.7	-	8.7
	3, 6, 3	8.7	-	-
	6, 3, 2	4.3	-	-
	Yanıt Yok	13	-	-
	Toplam	99.8	100	99.9
II	0, 3, 3	8.7	82.6	69.6
	2, 2, 2	21.7	8.7	4.3
	6, 3, 0	17.4	-	8.7
	6, 6, 6	13	-	4.3
	6, 6, 3	8.7	-	-
	0, 3, 0	4.3	-	4.3
	3, 3, 3	4.3	-	-
	3, 6, 3	4.3	-	-
	0, 6, 6	-	4.3	4.3
	0, 2, 4	-	4.3	-
	6, 3, 3	-	-	4.3
	Yanıt Yok	17.4	-	-
	Toplam	99.8	99.9	99.8



Şekil 5.19 Deney grubu öğrencilerinin 6. soru-I için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.



Şekil 5.20 Deney grubu öğrencilerinin 6. soru-II için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.27 ve Şekil 5.19'da görüldüğü gibi, 6. sorunun I. kısmında, ön testte öğrencilerin % 21.7'si "0,6,0", doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 65.1'i ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 30.4 ile "6,6,6", % 13' ile "2,2,2" ve % 8.7 ile "6,3,3" ve "3,6,3" dür.

Öte yandan, son testte öğrencilerin % 91.3'ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 8.7'si ise "6,6,6" seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin neredeyse tamamının doğru cevabı işaretlemiş olması, deney grubunda yapılan

öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.27'den geciktirilmiş son testte öğrencilerin % 82.6'sının doğru seçeneği işaretlemiş olduğu anlaşılmaktadır. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 17.3 olmuştur. Son test ile kıyaslandığında geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi kısmen de olsa bir düşüş göstermektedir, fakat ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi yaklaşık dört kat artmıştır.

Her üç test sonuçlarına bakıldığında, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun I. kısmında doğru cevaba yöneltme açısından etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 5.27 ve Şekil 5.20'de görüldüğü üzere, 6. sorunun II. kısmında, ön testte öğrencilerin % 8.7'si "0,3,3" doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 73.7' si ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 21.7 ile "2,2,2", % 17.4' ile "6,3,0, % 13 ile "6,6,6" ve % 8.7 ile "6,6,3" tür.

Son testte öğrencilerin % 82.6'sı doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 8.6'sı ise "2,2,2" ve % 4.3 ile "0,6,6" ve "0,2,4" yanlış seçeneklerini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun son testte doğru cevabı işaretlemiş olması deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olduğunu göstermektedir.

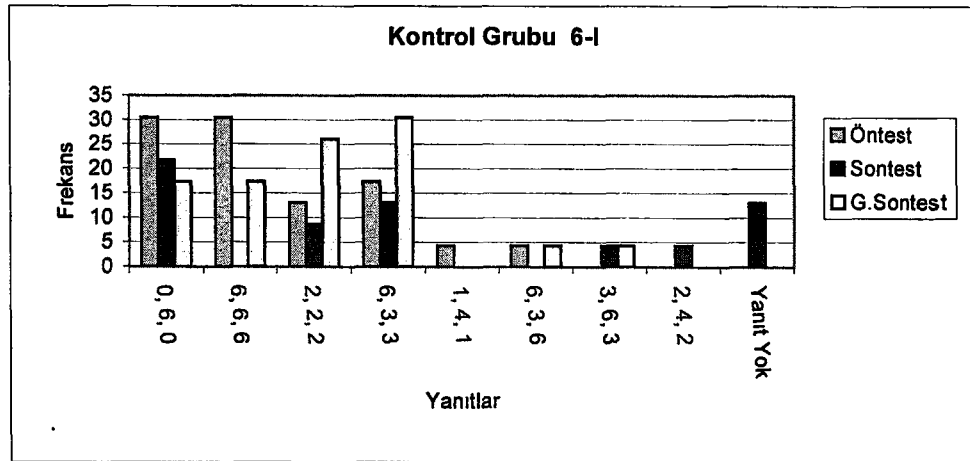
Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 69.6'sı doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 30.1 olmuştur. Son test ile kıyaslandığında geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi kısmen de olsa bir düşüş göstermektedir, fakat bu düşüşün önemli boyutlarda olmadığı görülmektedir. Bu testte de deney grubu öğrencilerinin çoğunluğunun doğru seçeneği işaretledikleri görülmektedir.

Her üç test sonuçları düşünüldüğünde, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun II. kısımda da doğru cevaba yöneltme açısından etkili olduğu söylenebilir.

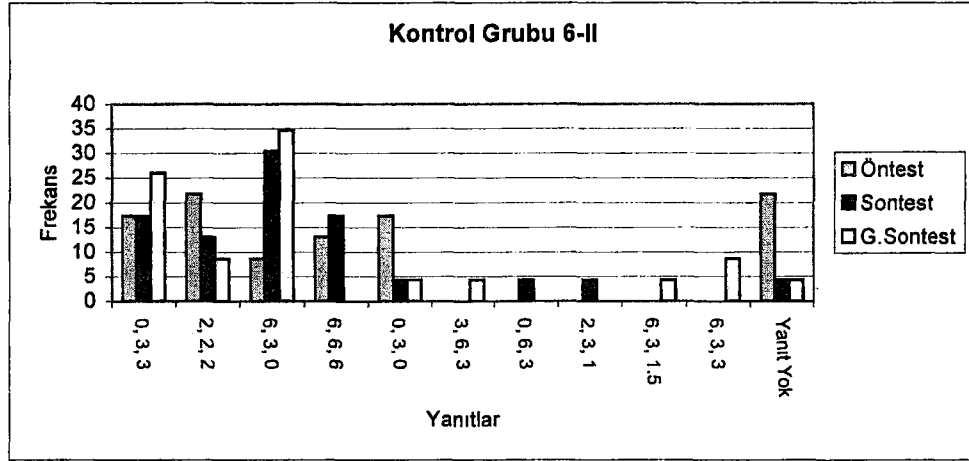
Kontrol grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri Tablo 5.28’de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.21 ve 5.22’de sunulmaktadır.

Tablo 5.28 Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri

	Yanıtlar	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
I	0, 6, 0	30.4	21.7	17.4
	6, 6, 6	30.4	34.7	17.4
	2, 2, 2	13	8.7	26.1
	6, 3, 3	17.4	13	30.4
	1, 4, 1	4.3	-	-
	6, 3, 6	4.3	-	4.3
	3, 6, 3	-	4.3	4.3
	2, 4, 2	-	4.3	-
	Yanıt Yok	-	13	-
	Toplam	99.8	99.7	99.9
II	0, 3, 3	17.4	17.4	26.1
	2, 2, 2	21.7	13	8.7
	6, 3, 0	8.7	30.4	34.8
	6, 6, 6	13	17.4	4.3
	0, 3, 0	17.4	8.7	4.3
	3, 6, 3	-	-	4.3
	0, 6, 3	-	4.3	-
	2, 3, 1	-	4.3	-
	6, 3, 1.5	-	-	4.3
	6, 3, 3	-	-	8.7
	Yanıt Yok	21.7	4.3	4.3
	Toplam	99.9	99.8	99.8



Şekil 5.21 Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru-I için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.



Şekil 5.22 Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru-II için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.28 ve Şekil 5.21’de görüldüğü gibi, 6. sorunun I. kısmında ön testte öğrencilerin % 30.4’ü “0,6,0”, doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 69.3’ü ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 30.4 ile “6,6,6”, % 17.3 ile “6,3,3” ve % 13’ ile “2,2,2” dir.

Son testte öğrencilerin % 21.7’si doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Doğru cevap yüzdesi ön test ile kıyaslandığında bir düşüş göstermektedir. Bunun nedeni olarak, öğrencilerin ön testte bilinçli olarak doğru yanıt seçeneğini işaretlemedikleri veya kontrol grubunda uygulanan öğretim gösterile bilinir. Son testte, öğrencilerin toplam % 69.4’ü yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 34.8 ile “6,6,6”, % 13 ile “6,3,3” ve % 8.7 ile “2,2,2” dir. Son testte elde edilen veriler kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından etkili olmadığını göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise, öğrencilerin % 17.4’ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Bu sonuç, öğrencilerin doğru cevabı işaretleme yüzdelerinin ön testten sonra zamanla azaldığını göstermektedir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 82.5 olmuştur. Ön test ve son test ile kıyaslandığında bu testte öğrencilerin yanlış seçenekleri işaretleme yüzdelerinde bir artış görülmektedir.

Her üç test sonuçları doğrultusunda kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun I. kısmında doğru cevaba yöneltme açısından etkili olmadığı söylenebilir.

Tablo 5.28 ve Şekil 5.22’de görüldüğü gibi 6. sorunun II. kısmında, ön testte öğrencilerin % 17.4’ü “0,3,3” doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Geri kalan

öğrenciler ise, % 60.8 oranında yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 21.7 ile “2,2,2”, % 17.4 ile “0,3,0”, % 13 ile “6,6,6” ve % 8.7 ile “6,3,0” dır.

Son testte öğrencilerin % 17.4’ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Bu durum, öğrencilerin doğru cevabı işaretleme yüzdelerinde ön test ile kıyaslandığında bir değişiklik olmadığını göstermektedir. Bu test sonuçlarına göre, öğrencilerin % 78.1’i ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesinde ise bir artış olduğu görülmektedir. Bu yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 30.4 ile “6,3,0”, % 17.4’ ile “6,6,6”, % 13 ile “2,2,2” dir. Burada en dikkat çekici durum, ön testte öğrencilerin % 8.7’si “6,3,0” seçeneğini işaretlemişken son testte bunun % 30.4’ e yükselmiş olmasıdır. Bu da, öğretimin bu seçeneği işaretlemeye yönelttiğini gösteren bir durum olarak göze çarpmaktadır. Son testte elde edilen veriler kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından etkili olmadığını göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise, öğrencilerin % 26.1’i doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Bu testte diğerlerine oranla kısmen de olsa doğru cevap yüzdesinde bir yükselme olmuştur. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise, toplam % 69.4 olmuştur. Son test ile kıyaslandığında geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi kısmen de olsa bir düşüş göstermektedir, fakat bu düşüşün önemli boyutlarda olmadığı söylenebilir. Yanlış seçenekler içerisinde en fazla işaretlenenleri ise % 34.8 ile yine son testteki gibi “6,3,0” seçeneği olmuştur.

Her üç test sonuçlarından, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun II. kısmında doğru cevaba yöneltme açısından etkili olmadığı söylenebilir.

Deney grubu öğrencilerinin 6. Soru-I’de yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri aşağıda Tablo 5.29’da sunulmaktadır.

Tablo 5.29 Deney grubu öğrencilerinin 6. soru-I’de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzy	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	1 Bir pil ve bir lambadan oluşan devrede, lambanın uçları arasındaki potansiyel farkın pilin potansiyel farkına eşit ve iletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkın ise sıfır olduğunu ifade edenler.	-	60.9	65.2
A	2 İletken tellerin dirençleri sıfır olduğundan ohm yasasına göre potansiyel farkının da sıfır alacağını ve lambanın potansiyel farkının pilinkine eşit olacağını ifade edenler.	-	13	8.7
B	1 Lambanın olduğu iki nokta arasında potansiyel farkın olduğunu ve iletken tellerde ise olmadığını ifd. ed..	8.7	8.7	-
C	1 İletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkın sıfır olduğunu ve potansiyel farkı ile akım kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullananlar.	-	8.7	-
C	2 Devreden geçen akımın devrenin her yerinde aynı olduğu için potansiyel farklarında eşit olacağını ifade edenler.	13	-	4.3
D	1 Potansiyel farkı devrede dolanan bir akışkan olarak ifade edenler.	8.7	-	-
D	2 Belirtilen noktalar arasında potansiyel farkın eşit bir şekilde paylaşılacağını ifade edenler.	4.3	4.3	-
D	3 Potansiyel farkı ve akım kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullanıp, devrede akımın harcandığını ifade edenler.	4.3	-	8.7
D	4 Potansiyel farkı ve enerji kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullananlar.	4.3	4.3	-
D	5 İletken teller üzerinden geçen akımın sıfır olduğunu ifade edenler- Potansiyel farkı diyeceğine akım demiş, kavramları karıştırmış.	-	-	8.7
E	1 Devrenin geometrik şeklini (dikdörtgen) göz önüne alarak karşılıklı kenarların eşit olduğunu ve uzun kenarın potansiyel farkı değerinin kısa kenarından daha büyük olacağını ifade edenler.	21.7	-	-
F	Kodlanamayan	4.3	-	-
G	Açıklama yok	30.4	-	4.3
	Toplam	99.7	99.9	99.9

Tablo 5.29’da da görüldüğü gibi, sorunun I. kısmında, ön testte öğrencilerin % 8.7’si bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklama kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Öğrencilerin yaptıkları

açıklamalarından bilimsel olarak kabul edilemeyecek türde olanlarından en dikkat çekici olanı % 21.7 ile, devrenin geometrik şeklini dikkate alarak bir açıklama yapılmasıdır. Ayrıca öğrencilerin % 13'ü devreden geçen akımın her yerde eşit olduğu için potansiyel farkların da eşit olacağını belirtmişlerdir. Potansiyel farkı kavramını devrede dolanan bir akışkan gibi görenler (D1) ve akım, enerji gibi kavramları potansiyel farkı kavramı ile aynıymış gibi kullanan öğrenci (D3 ve D4) yüzdesi toplam % 17.3 dür. Ayrıca öğrencilerin % 30.4'ünün burada açıklama yapmamış olması dikkat çekici bir durumdur. Araştırmacı testin tamamını bitiren öğrencilerin kağıtlarını genel olarak bir gözden geçirip öğrencilerin açıklama yapmadıkları sorularla ilgili olarak kısa sorular sormuştur. Bu sorularda öğrenciler testi bitirip verdiklerinde araştırmacı tarafından kendilerine “neden burada açıklama yapmadınız” tipindeki sorulara öğrenciler genelde “hocam bu soru ile ilgili hiçbir fikrim yok” veya “potansiyel farkı ile ilgili bir fikrim yok” açıklamasını yapmışlardır.

Bu soru ile ilgili olarak, öğrencilerle öğretim öncesinde yapılan görüşmelerde, potansiyel farkı kavramı ile ilgili soruda bazı öğrencilerin potansiyel farkı kavramını devrede dolanan bir akışkan gibi gördükleri, açıklamalarında akım kavramını kullandıkları ve potansiyel farkı, akımın bir özelliğiymiş gibi düşündükleri görülmektedir. Bununla ilgili olarak görüşmelerden elde edilen veriler aşağıda sunulmaktadır.

- Görüşmeci: 1,2 arası 6 volt, 2,3 arası 3 volt ve 3,4 arası 3 volt” demişsin. Neden?
Öğrenci (20): Buradan gelen 6 V, 1,2'ye geçen arasında gene 6 V olur. Buradakiyle 1' in arasında 6 V olduğu gibi burada da aynı olur.
- Görüşmeci: Nerede aynı olur?
Öğrenci (20): 1 ile 2 arasında aynı olur. 2 ile 3 arasında farklı olur. Çünkü orada lamba olduğu için.
- Görüşmeci: Lamba olduğu için mi azalmış diyorsun?
Öğrenci (20): 2' den gelen akım lambaya gelir. Lambadan 3' e geçerken daha az akım geçer. Burada farklı volt olur. 4'te aynı olur yine 6 V olur.
- Görüşmeci: Neden? 3 ile 4 arasına daha önce 3 V demiştin.
Öğrenci (20): Buradan gelir. Burada yarı yarıya kalır. 3 voltu buraya gider 3 Voltu da buraya gelir. 3'ten 4'e geçerken yine 3 olur.

- Görüşmeci: Tamam. b şıkında 1 ile 2 arasına 6 Volt demişsin, 2 ile 3' e 3 V ve 3 ile 4 arasına 0 V demişsin, neden?
- Öğrenci (20): 1 ile 2' de yine aynı 6 Volt dur. 2' den 3' e geçerken 3 V kalır.
- Görüşmeci: Niye 3 V kalsın?
- Öğrenci (20): 3 Voltu lambaya gider. Buradan 3' den 4' geçerken burada lamba olduğu için burada hiç akım kalmaz 0 olur.
- Görüşmeci: 6. soruda "6 volt akım" demişsin, sen bunu neye dayanarak dedin?
- Öğrenci (8): Şimdi burada 6 V
- Görüşmeci: Pilin potansiyel farkı 6 volt.
- Görüşmeci: 6 volt akım mı devrede dolaşır?
- Öğrenci (8): Hayır o dolaşmaz. 6 volt hepsi gitmez ki hocam oraya.
- Görüşmeci: Nasıl yani?
- Öğrenci (8): Nasıl anlatacam
- Görüşmeci: Burada neden 1, 2'ye 6 V dedin, 2, 3 ile 3, 4'e de 3 V dedin? Anladın mı soruyu?
- Öğrenci (8): Anladım da hocam, nasıl şey yapamıyorum ki.
- Görüşmeci: Demişsin ki, 6 V 1 ile 2 arasında kullanılmadan geçer. Buradan geçer, 2,3 arasında akım harcanır demişsin. Buradan gelen akım 3, 4 arasında aynı kalır, haa sen diyorsun ki devrede 6V akım dolaşıyor ve bunu (lamba) geçtikten sonra azalır .
- Öğrenci (8): Azalır hocam.
- Görüşmeci: Niye azalır?
- Öğrenci (8): Bu kullanıyor ki hocam akımı.
- Görüşmeci: Şimdi buraya bir lamba daha koyduk 2. şıkta. Sen demişsin ki 6,3,0. Bu (ikinci lamba) olanı da kullandı. Sen biraz önce akım devrede dolandır buraya yine aynı gelir dedin.
- Öğrenci (8): Dedim hocam.
- Görüşmeci: Burada diyorsun ki akım harcanır. 6 V akımı, ... 6 V akımdan kastın ne?
- Öğrenci (8): Hocam pil 6 volt ya ondan öyle demişim.
- Görüşmeci: 6. sorunun a şıkında 2,2,2 volt seçeneğini işaretleyerek. "çünkü bunların hepsi 2 voltur. 6'dan 1 ve 2'ye 2 volt ötekide 2 v olt bu üç voltta birbirine eşittir" demişsin.

- Öğrenci (16):, neden,çünkü,, burası artı olduğu için pozitif yük, 1, 2 ve 2 burada olduğu için ,... 2 yani toplam 6 volt varmış. O yüzden 2 burda olur. Yani 2 de akım geçtiği için 2’de burda olur diye düşünmüştüm.
- Görüşmeci: Hepsine neden 2,2,2 dedin?
- Öğrenci (16): Yani hepsi 2 volt, çünkü 6 ya eşitlemek için hepsine 2 V geçtiği için, akım şiddeti 2 volt olduğu için derim.
- Görüşmeci: Akım şiddeti 2 volt olduğu için mi diyorsun?
- Öğrenci (16): Evet.
- Görüşmeci: Neye dayanarak bunu söylüyorsun?
- Öğrenci (16): 6 volt toplam zaten 6 volt dan dayanarak şey yapmıştm.
- Görüşmeci: Bu soruda peki lambanın yanına özdeş bir lamba daha bağladık.
- Öğrenci (16): Bence,, potansiyel farkı,, bilmem 1, 2 yine eşit olur.
- Görüşmeci: Tamam. Bir lamba daha bağladık bunun etkisi herhangi bir değişiklik yapmaz mı?
- Öğrenci (16): Bağlamanın, ..., biraz daha etki eder.
- Görüşmeci: Nasıl yani?
- Öğrenci (16): Yani akımın şiddeti daha çok olur, Şekil 2’de daha çok olur akım şiddeti.
- Görüşmeci: Şekil 2’de daha fazla mı olur diyorsun?
- Öğrenci (16): Evet, çünkü kendi bağlandığı için.

Ayrıca, öğretim öncesi yapılan görüşmelerde öğrencilerin “bir elektrik devresinde pil ne işe yarar” sorusuna verdikleri yanıtların çoğunlukla akım kavramı temelli olduğu görülmektedir. Öğrenciler, potansiyel farkı kaynağı olan pilleri, devreye akım veren ve bu akım sayesinde lambaların yanmasını sağlayan bir alet olarak görmekteydiler. Bununla ilgili olarak öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen veriler aşağıda sunulmaktadır.

- Görüşmeci: Size göre bir elektrik devresinde pil ne işe yarar?
- Öğrenci (20): Pil lambayı yakar, elektrik akımının kaynağıdır. Elektrik olmadığı yerde pille çalışan elektrik aracının çalışmasını sağlar.
- Öğrenci (8): Akımın geçmesini sağlar, devrenin tamamlanmasını sağlar.
- Öğrenci (2): Akımın geçmesini sağlar, elektrik akımını iletmeye yarar.

- Öğrenci (21): PİL elektrik görevini yapar. Mesela örnek verirsek bu teybi (ses kayıt cihazı) elektriklede çalıştırabiliriz pillede çalıştırabiliriz. PİL elektrik akımı veriyor.
- Öğrenci (23): PİL üreteç olduğu için elektriği devreyi tamamlar aynı zamanda devreye can veren pildir.
- Görüşmeci: Ne verir, nasıl yani?
- Öğrenci (23): Devreye akım veriyor devreyi tamamladığı gibi devreye akım veriyor...
- Öğrenci (9): PİL akımı iletir, lambayı aydınlatır. Akımı iletir.
- Öğrenci (17): Elektrik devresinde eğer ampul varsa ampülü çalıştırmaya yarar. Elektrik akımını sağlar.
- Öğrenci (7): PİL enerji sağlar. Çünkü ... enerji verir. İşte artı ve eksi yükü herhangi bir maddeyi çalıştırır. Volkmen radyo gibileri çalıştırır.
- Öğrenci (16): Elektrik devresinde pİL, eee, ... çalışması için.
- Görüşmeci: Neyin çalışması için?
- Öğrenci (16): ...eee, elektrik şeyinin ...
- Görüşmeci: Devrenin mi?
- Öğrenci (16): Evet.
- Görüşmeci: Ne yapıyor yani, pİL ne yapar ne işe yarar?
- Öğrenci (16): PİL ne yapar? ... pİLİ çalıştırıyor. PİL çalıştırır, normalde içinde şeyleride vardır onun da.
- Görüşmeci: Ne vardır?
- Öğrenci (16): Yani pİL, eeee, ... ne vardır, ... eee, ... akümülatör vardır.
- Görüşmeci: Bak şimdi, pİL olmasaydı ne olurdu, yani devrede örneğin bir lamba var pİL var ve bu devrede lamba yanıyor. PİL ne işe yapıyor. Bu devrede pİL olmasa ne olurdu?
- Öğrenci (16): PİL olmasaydı lamba yanmazdı.
- Görüşmeci: PİL devreye ne sağlıyorda lamba yanıyor?
- Öğrenci (16): Akümülatör.
- Görüşmeci: Akümülatör, o ne?
- Öğrenci (16): ..., eee, ... aslında bilmiyorum, bu benim dönem ödevim.

Son testte öğrencilerin toplam % 82.6'sı bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklamaların üç farklı yanıt kategorisi içerisinde gruplandırılmış olup, ilk ikisi tam doğru üçüncüsü ise kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Bu testte öğrencilerin %13'ü potansiyel farkı

kavramı ile akım (veya enerji) kavramını aynı kavramlarmış gibi düşünmüşlerdir. Son testte 6. sorunun I. kısmında öğrencilerin büyük bir kısmının bilimsel olarak doğru açıklamayı yapmış olması, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede başarılı olduğunu göstermektedir.

Öğretim sonrası 2, 8, 20 numaralı öğrencilerin 6. soru için yaptıkları açıklamalar ile ilgili olarak kendilerine yöneltilen sorularda verdikleri cevaplar aşağıda sunulmaktadır.

Görüşmeci: 6. soruda “pilden 6 voltluk bir akım geliyor” demişsin. Şimdi volt ne birimiydi?

Öğrenci (2): Volt, ..., pilin potansiyel farkının.

Görüşmeci: Burada kullandığın ifadede de bir yanlışlık var mi sence?

Öğrenci (2): Evet 6 voltluk potansiyel farkı olmalıydı.

Görüşmeci: 6. soruda açıklamanda “1, 2 ve 3, 4 teli iletken 2, 3 arasında lamba vardır” demişsin, burada iletken tellerin potansiyel farkları sıfır demişsin, neden sıfırdır?

Öğrenci (20): Deneyler sırasında ölçmüştük.

Görüşmeci: Peki devreden akım geçiyor muydu?

Öğrenci (20): Geçiyordu, lamba yanıyordu.

Görüşmeci: 6. soruda “İletken telin direnci sıfırdır” demişsin, bu yüzden potansiyel farkı sıfır mıdır?

Öğrenci (8): Sıfırdır hocam.

Görüşmeci: Peki devreden akım geçer mi?

Öğrenci (8): Geçer ama potansiyel farkı sıfırdır.

Görüşmeci: Neye dayanarak söylüyorsun?

Öğrenci (8): İletkenin direncinin sıfır olmasından

Yukarıda verilen 2, 8 ve 20 numaralı öğrencilerin 6. sorunun I. kısmı ile ilgili görüşleri, yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklama yapmaya yöneltmede ne kadar etkili olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, öğretim sonrası yapılan görüşmelerde öğrencilerin büyük bir çoğunluğu “bir elektrik devresinde pil ne işe yarar” sorusuna verdikleri yanıtlar genellikle, devreye akım verdiği, akım kaynağı olduğu şeklindedir. Sadece 16 ve 7

numara kodlu öğrencilerin açıklamalarında bir değişiklik olduğu görülmektedir. Bu öğrencilerin görüşmede verdikleri yanıtlar aşağıda sunulmaktadır.

Öğrenci (16): Pil elektrik devresinde akım verir lambaya, ... bütün güç pildedir.

Öğrenci (7): Pil, ... içinde enerji var, elektrik akımını oluşturur. Elektrik akımını sağlıyor yani.

7 numaralı öğrenci öğretim öncesinde pil devreye enerji verir diyerken, öğretim sonrasında pilin içinde bulunan enerjinin elektrik akımını oluşturduğunu ifade etmektedir. 16 numaralı öğrenci ise öğretim öncesi pilin devreye verdiği şey için akümülatör kavramını kullanmışken, öğretim sonrasında akım kavramını kullanmıştır.

Geciktirilmiş son testte toplam % 73.9 oranında öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptığı görülmektedir. Bu açıklamaların hepsi de tam doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Öğrencilerin % 8.7'si, açıklamalarında potansiyel farkı kavramı ile akım (veya enerji) kavramını aynı kavramlarmış gibi kullanmıştır.

Deney grubu öğrencilerinin 6. Soru-II'de yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.30'da sunulmaktadır.

Tablo 5.30 Deney grubu öğrencilerinin 6. soru-II'de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Bir pil ve iki lambadan oluşan devrede, lambaların uçları arasındaki potansiyel farkı toplamının pilin potansiyel farkına eşit ve iletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkın ise sıfır olduğunu ifade edenler.	-	56.5	65.2
A	² İletken tellerin dirençleri sıfır olduğundan ohm yasasına göre potansiyel farkının da sıfır olacağını ve lambaların potansiyel farklarının toplamının pilinkine eşit olacağını ifade edenler.	-	4.3	-
B	¹ Potansiyel farkın lambalar arasında paylaşılacağını ve lambanın olmadığı noktalar arasında ise sıfır olacağını ifade edenler.	8.7	-	-
C	¹ İletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkın sıfır olduğunu belirtip, akımın lambalar tarafından paylaşılacağını ifade edenler.	-	21.7	4.3
C	² İletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkın sıfır olduğunu ve potansiyel farkı ile akım kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullananlar.	-	-	4.3
C	³ Devreden geçen akımın devrenin her yerinde aynı olduğu için potansiyel farklarında eşit olacağını ifade edenler.	21.7	-	4.3
C	⁴ İletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkın sıfır olduğunu ve lambaların her birinin potansiyel farkının pilinkine (6 V) eşit olduğunu ifade edenler.	-	4.3	4.3
D	¹ Belirtilen noktalar arasında potansiyel farkın eşit bir şekilde paylaşılacağını ifade edenler.	4.3	4.3	-
D	² Potansiyel farkı ve akım kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullanıp, devrede akımın harcandığını ifade edenler.	21.7	-	8.7
D	³ Potansiyel farkı ve akım kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullanıp, akımın devrede her yerde eşit 2 Volt olduğunu ifade edenler.	-	4.3	-
D	⁴ İletken teller üzerinden geçen akımın sıfır olduğunu ifd. ed. - Potansiyel farkı diyeceğine akım demiş , kavramları karıştırmış	-	4.3	-
D	⁵ Potansiyel farkı ve enerji kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullananlar.	-	-	4.3
E	¹ Devrenin geometrik şeklini (dikdörtgen) göz önüne alarak karşılıklı kenarların eşit olduğunu ve uzun kenarın potansiyel farkı değerinin kısa kenarından daha büyük olacağını ifade edenler.	17.4	-	-
G	Açıklama yok	26.1	-	4.3
	Toplam	99.9	99.7	99.7

Tablo 5.30'da da görüldüğü gibi, sorunun II. kısmında, ön testte öğrencilerin % 8.7'si bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklama kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Öğrencilerin % 17.4'ü devrenin geometrik şeklini dikkate alarak bir açıklama yapmışlardır. Öğrencilerin % 21.7'si devreden geçen akımın devrenin her yerinde aynı olduğu için potansiyel farklarının da eşit olacağını ifade etmektedirler. Ayrıca potansiyel farkı ile akım kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullanan öğrenci yüzdesi 21.7 dir. Açıklama yapmayan öğrenci yüzdesi II. kısımda % 26.1 olmuştur.

Son testte öğrencilerin toplam % 60.8'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklamalar iki farklı yanıt kategorisi içerisinde gruplandırılmış olup hepsi de tam doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Bu testte öğrencilerin % 21.7'si iletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkının sıfır olduğunu ve akımın lambalar tarafından paylaşılacağını ifade etmişlerdir. Burada, akım kavramının yerine potansiyel farkı kavramını koyduğumuzda ifade doğru kabul edilebilecek bir açıklama olmaktadır. İlk bakışta sanki öğrenciler potansiyel farkı diyeceklerine yanlışlıkla akım demişler gibi bir yargıya kapılan araştırmacı, daha sonra bu ifadenin yüzdesinin azımsanmayacak kadar düşük olmamasından dolayı bu ifadeyi yanlış kategorisi içerisine almıştır. Ön testte % 17.4 oranında olan geometrik şeklin dikkate alındığı açıklamayı içeren ifadeler ve % 21.7 oranında devreden geçen akımın devrenin her yerinde aynı olduğu için potansiyel farklarının da eşit olduğunu içeren ifadeler bu testte hiçbir öğrenci tarafından kullanılmamıştır. Son testte 6. sorunun II. kısmında öğrencilerin yarıdan fazlasının bilimsel olarak doğru açıklamayı yapmış olması, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklama yapmaya yöneltmede başarılı olduğunu göstermektedir.

Son test sonuçlarına benzerlik gösteren geciktirilmiş son testte % 65.2 oranında öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptığı görülmektedir. Bu açıklama tam doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Öğrencilerin toplam % 17.2'si potansiyel farkı kavramı ile akım (veya enerji) kavramını aynı kavramlarmış gibi açıklamalarında kullanmışlardır. Son test ile kıyaslandığında doğru açıklama yüzdesinin neredeyse aynı kalması, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklama yapmaya yönlendirmedeki başarısını işaret etmektedir.

6. sorunun I ve II kısımlarından elde edilen veriler son test ve geciktirilmiş son testlerde öğrencilerin çoğunluğunun bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptıklarını göstermektedir. Bu durum, deney grubunda yapılan öğretim sırasında, Bölüm 2 Etkinlik 2 ve 3 ile Bölüm 3 Etkinlik 1 ve 2’de kullanılan aktivitelerin öğrencilerde kavramsal değişimi sağlamada etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir.

6. soruda deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları ($p=0.00$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçtan, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olduğu söylenebilir.

Deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.45$) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçtan, deney grubunda yapılan öğretimin bilginin kalıcılığı açısından etkili olduğunu söylenebilir. Ön test ile geciktirilmiş son testin karşılaştırılmasından elde edilen istatistiksel analiz sonucu da ($p= 0.01$) geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlardan, deney grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama ve kazanılan bilginin kalıcılığı açısından etkili olduğu söylenebilir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru-I’ de yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.31’de sunulmaktadır.

Tablo 5.31 Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru-I’de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
B	1 Lambanın olduğu iki nokta arasında potansiyel farkın olduğunu ve iletken tellerde ise olmadığını ifade edenler.	8.7	-	8.7
B	2 Bütün gücün lambada toplandığını ifade edenler.	-	8.7	-
C	1 Devreden geçen akımın devrenin her yerinde aynı olduğu için potansiyel farklarında eşit olacağını ifade edenler.	4.3	17.4	4.3
C	2 Potansiyel farkı ve akım kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullanıp, Devrenin her yerinde akımın aynı olduğunu ifade edenler.	8.7	-	-
D	1 Potansiyel farkı devrede dolanan bir akışkan olarak ifade edenler.	-	13	8.7
D	2 Belirtilen noktalar arasında potansiyel farkın eşit bir şekilde paylaşılacağını ifade edenler.	8.7	8.7	17.4
D	3 Potansiyel farkı ve akım kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullanıp, devrede akımın harcandığını ifade edenler.	-	-	8.7
D	4 Devrede dolanan akımın (potansiyel farkı, enerji, elektrik) lambayı geçtikten sonra azalacağını ifade edenler.	17.4	13	21.7
D	5 İletken teller üzerinden enerjinin geçmediğini bu yüzden potansiyel farkın 0 olacağını ve lamba üzerinden enerji geçtiği için potansiyel farkın 6 V olacağını ifade edenler.	4.3	-	-
E	1 Devrenin geometrik şeklini (dikdörtgen) göz önüne alarak karşılıklı kenarların eşit olduğunu ve uzun kenarın potansiyel farkı değerinin kısa kenarından daha büyük olacağını ifd. ed..	8.7	13	4.3
E	2 Devrenin geometrik şeklini (dikdörtgen) göz önüne alarak uzun kenarın potansiyel farkı değerinin 4 V kısa kenarinkilerin de eşit 1 V olacağını ifd. ed..	4.3	-	-
F	Kodlanamayan	13	17.4	21.7
G	Açıklama yok	21.7	8.7	4.3
	Toplam	99.8	99.9	99.8

Tablo 5.31’de d görüldüğü gibi, belirgin bir şekilde belli bir yanıt kategorisinde yığılma olmamıştır. Öğrencilerin % 21.7’si sorunun I. kısmında herhangi bir görüşleri olmamasından dolayı bir açıklama yapmamışlardır. Öğrencilerin % 8.7’si bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır.

Bu açıklama kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Farklı yanıt kategorilerinde olmasına rağmen öğrencilerin toplam % 34.7'si potansiyel farkı kavramı ile ilgili bir soruda akım, enerji veya elektrik kavramlarını kullanarak cevap vermişlerdir. Bu yanıt kategorileri C1, C2, D4 ve D5'dir. Ayrıca öğrencilerin toplam % 13'ü, devrenin geometrik şeklini dikkate alarak bir açıklama yapmışlardır.

Son testte ön testte olduğu gibi, öğrencilerin yaptıkları açıklamaların belirgin bir şekilde belli bir yanıt kategorisinde yığılmadığı görülmektedir. Öğrencilerin % 8.7'si açıklama yapmamış ve % 17.4'ünün açıklamaları ise kodlanamamıştır. Öğrencilerin % 8.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklama kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Farklı yanıt kategorilerinde olmasına rağmen öğrencilerin toplam % 30.4'ü potansiyel farkı kavramı ile ilgili bir soruda akım, enerji veya elektrik kavramlarını kullanarak cevap vermişlerdir. Bu yanıt kategorileri C1 ve D4'dür. Öğrencilerin % 13'ü potansiyel farkı kavramını devrede dolanan bir akışkan gibi görmektedirler. Ayrıca öğrencilerin % 8.7'si, belirtilen noktalar arasında potansiyel farkın eşit bir şekilde paylaşılacağını belirtmişlerdir.

Geciktirilmiş son testte de, ön test ve son testte olduğu gibi öğrencilerin yaptıkları açıklamaların belirgin bir şekilde belli bir yanıt kategorisinde yığılmadığı görülmektedir. Öğrencilerin % 21.7'sinin açıklamaları kodlanamamış ve % 4,3'ü ise açıklama yapmamıştır. Öğrencilerin % 8.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklama kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Farklı yanıt kategorilerinde olmasına rağmen öğrencilerin toplam % 34.7'si, potansiyel farkı kavramı ile ilgili bir soruda akım, enerji veya elektrik kavramlarını kullanarak cevap vermişlerdir. Bu yanıt kategorileri C1, D3 ve D4'dür. Ayrıca öğrencilerin % 17.4'ü soruda belirtilen noktalar arasında potansiyel farkın eşit bir şekilde paylaşılacağını belirtmişlerdir.

Her üç testte de doğru açıklama yüzdesi 8.7'dir. Bu da, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir.

Kontrol grubu öğrencilerininin 6. soru-II' de yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerininin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.32'de sunulmaktadır.

Tablo 5.32 Kontrol grubu öğrencilerinin 6. soru-II'de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzye	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Potansiyel farkın lambalar arasında paylaşılacağını ve lambanın olmadığı noktalar arasında ise sıfır olacağını ifade edenler.	8.7	4.3	8.7
C	¹ Devreden geçen akımın devrenin her yerinde aynı olduğu için potansiyel farklarında eşit olacağını ifade edenler.	-	8.7	
C	² İkinci lambanın eklenmesinin sadece direnci arttıracığını, elektrik enerjisini değiştirmeyeceğini ifade edenler.	-	-	4.3
D	¹ Belirtilen noktalar arasında potansiyel farkın (enerji) eşit bir şekilde (2,2,2) paylaşılacağını ifade edenler.	17.4	4.3	13
D	² Potansiyel farkı ve akım (enerji) kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullanıp, devrede akımın harcandığını ifade edenler.	-	8.7	21.7
D	³ Pilin + tarafındaki lambada elektrik olduğunu – tarafında olmadığını ifade edenler.	4.3	-	-
D	⁴ Potansiyel farkı, akım ve enerji kavramlarını aynı kavramlarmış gibi kullananlar.	4.3	-	-
D	⁵ Potansiyel farkını devrede dolanan akışkan gibi görüp azalacağını ifade edenler.	8.7	13	13
D	⁶ Akımın lambalar tarafından paylaşıldığını ifd. ed..	-	-	4.3
D	⁷ Potansiyel farkının devrenin her yerinde aynı olduğunu ifade edenler.	4.3	8.7	-
D	⁸ İletken teller üzerinden enerjinin geçmediğini bu yüzden potansiyel farkın 0 olacağını ve lambalar üzerinden enerji geçtiği için potansiyel farklarının 3 V olacağını ifade edenler.	4.3	-	-
E	¹ Devrenin geometrik şeklini (dikdörtgen) göz önüne alarak karşılıklı kenarların eşit olduğunu ve uzun kenarın potansiyel farkı değerinin kısa kenarından daha büyük olacağını ifade edenler.	4.3	4.3	4.3
E	² Belirtilen noktaların birbirine paralel olduğunu ifade edenler.	4.3	-	-
F	Kodlanamayan	4.3	26.1	13
G	Açıklama yok	34.8	21.7	17.4
	Toplam	99.7	99.8	99.7

Tablo 5.32'de de görüldüğü gibi, ön testte öğrencilerin % 8.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Öğrenci açıklamaları, belli bir yanıt kategorisinde yığılmamıştır. Öğrencilerin % 34.8'i sorunun II. kısmında

herhangi bir görüŖleri olmamasından dolayı bir açıklama yapmamışlardır. Öğrencilerin % 17.4'ü soruda belirtilen noktalar arasında potansiyel farkın eşit bir şekilde paylaşılacağını, % 8.7'si ise, potansiyel farkını devrede dolanan bir akışkan gibi görüp azalacağını belirtmişlerdir. Ayrıca farklı yanıt kategorilerinde olmasına rağmen, öğrencilerin toplam % 8.6'sı potansiyel farkı kavramı ile ilgili bir soruda akım, enerji veya elektrik kavramlarını kullanarak cevap vermişlerdir. Bu yanıt kategorileri D4 ve D8'dir.

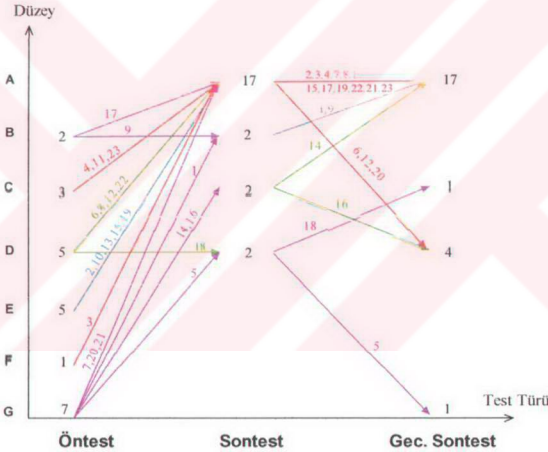
Ön testte olduğu gibi son testte de, ön testte olduğu gibi öğrencilerin yaptıkları açıklamaların belirgin bir şekilde belli bir yanıt kategorisinde yığılmadığı görülmektedir. Öğrencilerin % 21.7'si açıklama yapmamış ve % 30.4'ünün açıklamaları ise kodlanamamıştır. Öğrencilerin % 4.3'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklama kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Farklı yanıt kategorilerinde olmasına rağmen öğrencilerin toplam % 17.4'ü potansiyel farkı kavramı ile ilgili bir soruda akım veya enerji kavramlarını kullanarak cevap vermişlerdir. Bu yanıt kategorileri C1 ve D2'dir. Ayrıca öğrencilerin % 13'ü potansiyel farkını devrede dolanan bir akışkan gibi görüp azalacağını belirtmişlerdir.

Geciktirilmiş son testte de, ön test ve son testte olduğu gibi öğrencilerin yaptıkları açıklamaların belirgin bir şekilde belli bir yanıt kategorisinde yığılmadığı görülmektedir. Öğrencilerin % 13'ünün açıklamaları kodlanamamış ve % 17,3'ü ise açıklama yapmamıştır. Öğrencilerin % 8.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklama kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Öğrencilerin % 21.7'si, potansiyel farkı kavramı ile ilgili bir soruda akım veya enerji kavramlarını kullanarak cevap vermişlerdir. Ayrıca öğrencilerin % 13'ü soruda belirtilen noktalar arasında potansiyel farkın eşit bir şekilde paylaşılacağını, % 13'ü potansiyel farkının azalacağını belirtmişlerdir.

6. soruda kontrol grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.87$) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Ayrıca, benzer bir durum son test-geciktirilmiş son test ($p= 0.54$) ve ön test-geciktirilmiş son testte de ($p= 0.74$) bulunmaktadır. Bu durum, kontrol grubunda yapılan öğretimin son test ve geciktirilmiş son testte öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testten ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları, son test ($p= 0.00$) ve geciktirilmiş son testin ($p= 0.00$) her ikisinde de deney grubu lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlara göre, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre hem kavramsal anlama hem de bilginin kalıcılığı açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

Kavramsal Değişimin İncelenmesi: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testte 6. sorunun I. kısmında buldukları düzeyleri ve düzeyler arası geçişlerini gösteren şekiller aşağıda sunulmaktadır.



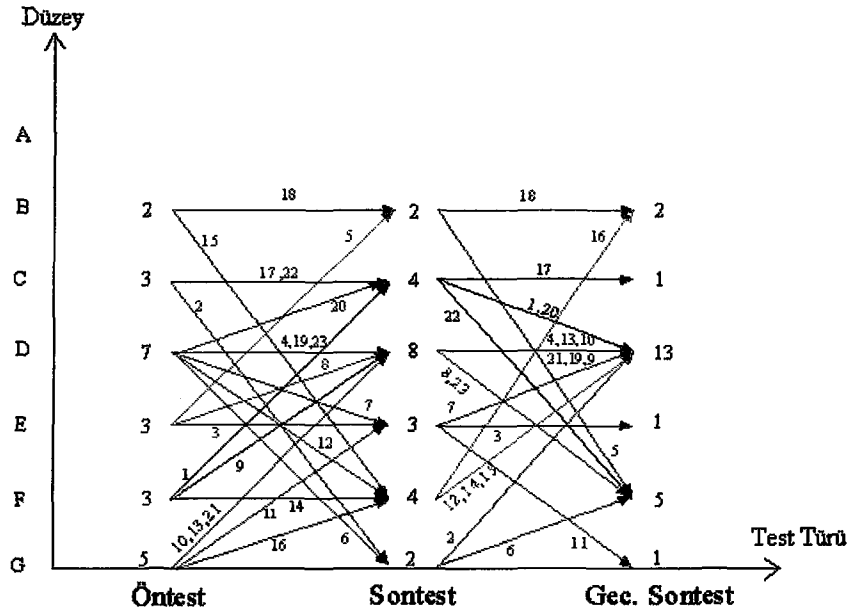
Şekil 5.23 Deney grubu öğrencilerinin herbirinin, 6. soru-1'de ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.

Şekil 5.23 incelendiğinde, ön testte G, E, D düzeylerinde, son testte A düzeyinde ve geciktirilmiş son testte ise A, D düzeylerinde yığılmalar olduğu gözle çarpılmaktadır.

Ön testte B düzeyinde olan 17 numaralı öğrenci, C düzeyinde olan 4, 11, 23 numaralı öğrenciler, D düzeyinde olan 6, 12, 22, 8 numaralı öğrenciler, E düzeyinde olan 2, 10, 13, 15, 19 numaralı öğrenciler, F düzeyinde bulunan 3 numaralı öğrenci ile G düzeyinde olan 7, 20, 21 numaralı öğrencilerin son testte A düzeyine ve G

düzeyinde olan 1 numaralı öğrencinin B düzeyine çıktığı görülmektedir. Ayrıca ön testte B düzeyinde bulunan 9 numaralı öğrenci son testte yine B düzeyinde kalmıştır.

Son testte A veya B düzeyinde bulunan 2, 3, 4, 7, 10, 11, 13, 15, 19, 22, 8, 21, 23, ve 1 numaralı öğrencilerin geciktirilmiş son testte yine bu düzeyde kalmalarından dolayı bu öğrencilerin görüşünde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir. Örneğin ön testte “*Çünkü 3 volt sol tarafa 3 volt sağ tarafa dağılacaktır. Kabloların arasını sayarak buldum*” şeklinde düşünen 10 numaralı öğrenci son test ve geciktirilmiş son testte bu düşüncesini bırakarak bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmıştır. Bu açıklamalar son testte “*Çünkü iletken tellerde potansiyel farkı sıfırdır. Lambanın uçları arasındaki potansiyel farkı pilin değerine eşittir*” ve geciktirilmiş son testte ise “*İletken tellerin direnci daima sıfırdır. 2 ve 3 arası ise pilin voltunun değerini alır*” şeklindedir. Son testte A ve B düzeyinde bulunan öğrencilerden geciktirilmiş son testte D düzeyine düşen 6, 12, 20 numaralı öğrencilerin fikirlerinde kalıcı olmayan kavramsal değişim olduğu söylenebilir. Örneğin ön testte herhangi bir açıklama yapamayan 6 numaralı öğrenci son testte “*Çünkü iletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkı sıfırdır. Lamba tek olduğu için pilin değeriyle aynıdır*” şeklindeki doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Fakat bu öğrenci geciktirilmiş son testte “*Çünkü 1 ve 2 ile 4,3 noktalarının üzerinde hiçbir akım yoktur*” şeklinde yaptığı açıklama D düzeyinde yer alan yanlış bir açıklamadır. Ayrıca son testte C düzeyinde bulunan 14 numaralı öğrenci geciktirilmiş son testte A düzeyine yükselmiştir.



Şekil 5.24 Kontrol grubu öğrencilerinin herbirinin, 6. soru-I' de ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.

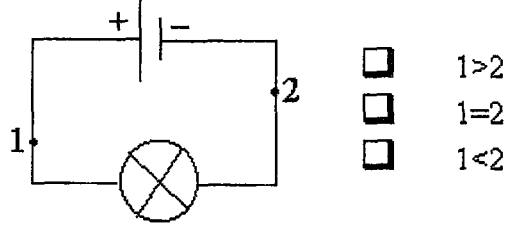
Şekil 5.24 incelendiğinde, ön testte D, G düzeylerinde, son testte D, C, F düzeylerinde ve geciktirilmiş son testte D, F düzeylerinde yığılmalar olduğu, öğrencilerin her üç testte de en fazla D düzeyinde buldukları ve A düzeyinde hiçbir öğrencinin bulunmadığı ilk bakışta göze çarpan durumlardır.

18 numaralı öğrencinin her üç testte de B düzeyinde bulunduğu kontrol grubunda, ön testte E düzeyinde bulunan 5 numaralı öğrencinin son testte B düzeyine çıktığı, fakat geciktirilmiş son testte F düzeyine düştüğü görülmektedir. Son testte B düzeyinde bulunan ve geciktirilmiş son testte, F düzeyine inen bu öğrencinin alternatif fikrinde meydana gelen değişimin kalıcı olmadığı söylenebilir. Ayrıca ön testte B düzeyinde bulunan 15 numaralı öğrenci son testte F düzeyine düşmüş ardından geciktirilmiş son testte D düzeyine yükselmiştir. Buradan, 15 numaralı öğrencinin ön testte verdiği bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamasının öğretim sonrasında daha alt düzeylere düşmüş olmasının sebebi olarak, ya öğrenci öğretim sırasında yanlış bilgiler edinmiş veya ön testte yaptığı açıklamanın farkında olmamış olabileceği gösterilebilir.

Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerden geciktirilmiş son test sonucunda kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştirenlerin sayısına bakıldığında, deney grubunda on dört, kontrol grubunda ise hiçbir öğrencinin bulunmadığı görülmektedir. Bu durum, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre kavramsal değişim açısından bu soruda daha etkili olduğunu göstermektedir.

7. Soru

Aşağıdaki devrede 1 ve 2 noktalarındaki akım şiddetleri ile ilgili olarak verilen yanıtların başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X işareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.



Açıklamanız:

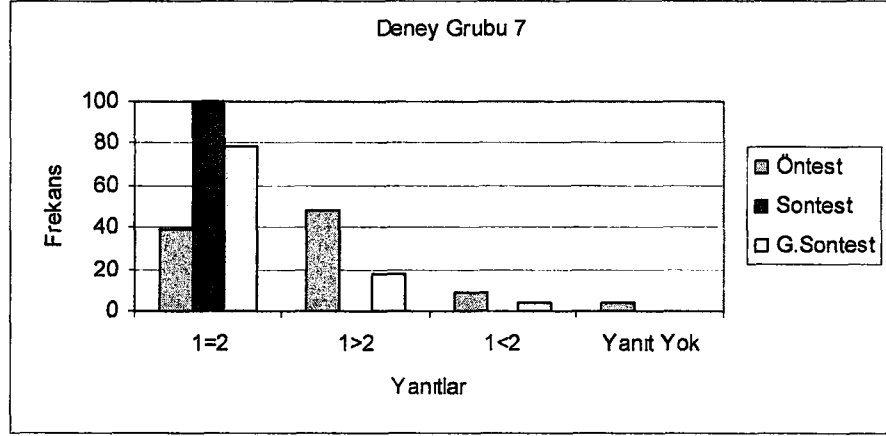
Akım kavramı temelli bu soruda, tek lamba ve pilden oluşan basit bir devrede lambanın her iki yanındaki akım değerleri ile ilgili olarak öğrencilerin görüşlerini belirlemek amaçlanmıştır. Bunun için yukarıda gösterilen devre sunularak, öğrencilerden 1 ve 2 noktalarındaki akım şiddetleri ile ilgili verilen seçeneklerden birini tercih etmeleri ve bununla ilgili olarak açıklama yapmaları istenilmiştir.

Akım değerlerinin büyüklüğü için doğru seçenek "1=2" dir. Bunun için yapılabilecek doğru açıklama " devrede dolanan akım korunumludur. Akım lambayı geçince azalmaz bu yüzden devrede akım her yerde eşittir" şeklindedir.

Deney grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.33'te ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.25'te sunulmaktadır.

Tablo 5.33 Deney grubu öğrencilerinin soru 7 için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri.

Yanıtlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
*1=2	39.1	100	78.3
1>2	47.8	-	17.4
1<2	8.7	-	4.3
Yanıt Yok	4.3	-	-
Toplam	99.9	100	100



Şekil 5.25 Deney grubu öğrencilerinin 7. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.33 ve Şekil 5.25' te görüldüğü gibi, 7. soruda, ön testte öğrencilerin % 39.1' i "1=2" doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 56.5'i ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 47.8 ile "1>2" dir.

Son testte öğrencilerin % 100'ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi neredeyse iki buçuk kat artmıştır. Sınıfın tamamının doğru cevabı işaretlemiş olması bize deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

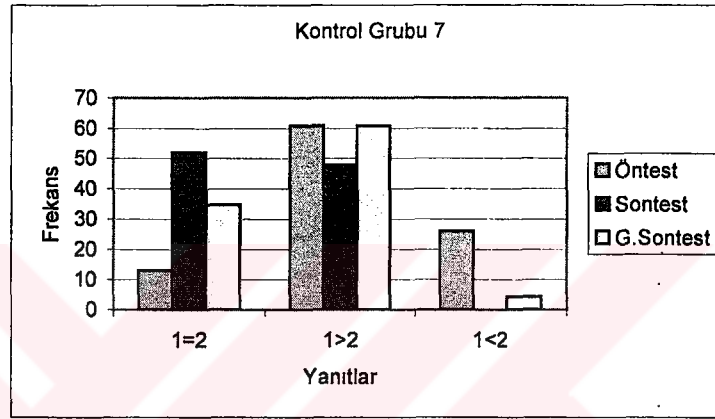
Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 78.3'ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 21.7 olmuştur. Son test ile kıyaslandığında geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi kısmen de olsa bir düşüş göstermektedir, fakat ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi iki kat artmıştır.

Her üç test sonuçlarına bakıldığında deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun a şikkında doğru cevaba yöneltme açısından etkili olduğu söylenebilir.

Kontrol grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.34' de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.26'da sunulmaktadır.

Tablo 5.34 Kontrol grubu öğrencilerinin soru 7 için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri

Yanıtlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
*1=2	13	52.2	34.8
1>2	60.9	47.8	60.9
1<2	26.1	-	4.3
Toplam	100	100	100



Şekil 5.26 Kontrol grubu öğrencilerinin 7. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.34 ve şekil 5.26’da görüldüğü gibi, 7. soruda, ön testte öğrencilerin % 13’ü “1=2” doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 87’si ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 60.9 ile “1>2” ve %26 ile “1<2” dir.

Son testte öğrencilerin % 52.2’ si doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi dört kat artmıştır. Öğrencilerin % 47.8’i ise “1>2” seçeneğini işaretlemişlerdir. Bu testte doğru cevap yüzdesi ile yanlış cevap yüzdesi neredeyse yarı yarıyadır. Doğru cevap yüzdesinin bu kadar fazla olması bize kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olduğunu göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise, öğrencilerin % 34.8’i doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 65.2 olmuştur. Bu yanlış cevaplar içerisinde % 60.9’ u “1>2” seçeneğini işaretlemiştir. Son test ile kıyaslandığında geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi kısmen de

olsa bir düşüş göstermektedir, fakat ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi yaklaşık üç kat artmıştır.

Her üç test sonuçlarına bakıldığında, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun a şıkında doğru cevaba yönelme açısından etkili olduğu söylenebilir.

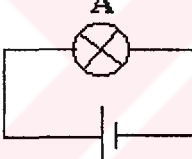
Deney grubu öğrencilerinin soru 7' de yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.35'te sunulmaktadır.

Tablo 5.35 Deney grubu öğrencilerinin soru 7' de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzy	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Elektrik akımının devrenin her yerinde aynı değerde olduğunu ifade edenler (korunumlu).	21.7	87	56.5
B	¹ Devredeki enerji aynı olduğu için akımında aynı olacağını ifade edenler.	4.3	-	-
B	² İletken tellerin potansiyel farkları sıfır (eşit) olduğundan bu noktaların akımlarının da eşit olduğunu ifade edenler.	-	8.7	8.7
B	³ İletken tellerin dirençleri sıfır olduğundan bu noktalardaki akım değerlerinin de eşit olduğunu ifade edenler.	-	-	4.3
C	¹ Akımın her iki noktada eşit olduğunu belirtip akımın lambada ikiye ayrıldığını ifade edenler.	-	4.3	4.3
D	¹ Akımın lambayı geçince azalacağını ifade edenler.	17.4	-	17.4
D	² Pilin pozitif tarafındaki akımın negatif tarafındaki akımdan daha büyük olduğunu ifade edenler.	17.4	-	-
D	³ Pilin her iki kutbundan da akımın geldiğini ve bunların büyüklüklerinin eşit olduğunu ifd. ed.	13	-	-
E	¹ Noktaların lambaya olan uzaklıklarını dikkate alarak 1 noktasının 2 ye göre akımı lambaya daha çabuk ilettiğini düşünenler.	4.3	-	-
F	Kodlanamayan	17.4	-	8.7
G	Açıklama yok	4.3	-	-
	Toplam	99.8	100	99.9

Tablo 5.35’de de görüldüğü gibi, ön testte öğrencilerin toplam % 26’sı bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Öğrencilerin % 17.4’ü “akım lambayı geçince azalır” şeklindeki açıklamayı yapmışlardır. Öğrenciler bir neden sonuç ilişkisi kurarak, akım lamba üzerinden geçince lamba yandığından akımın azalması gerektiğini düşünmektedirler. Öğrencilerin % 17.4’ü “pilin pozitif tarafındaki akım negatif tarafındaki akımdan daha büyüktür” şeklindeki açıklamayı yapmışlardır. Burada öğrenciler, pozitif ve negatifliği bir şeyin miktarının fazlalığı veya azlığı şeklinde bir düşünceye sahip oldukları söylenebilir. Ayrıca öğrencilerin % 13’ü “pilin her iki kutbundan da akım gelir ve bunların büyüklükleri eşittir” şeklinde bir açıklama yapmışlardır.

Öğrencilerle öğretim öncesi yapılan görüşmelerde sadece 7 numaralı öğrenci devrede enerjinin, diğer öğrenciler ise akımın dolandığını ifade etmişlerdir. Öğrencilerin akım (enerji) kavramı ile ilgili olarak kendilerine sunulan ifadelerden hangisinin doğru olduğu konusundaki görüşleri aşağıda verilmektedir.



(Akımın (enerjinin) devrede dolanım yönünü pilin bir kutbundan diğerine doğru olduğunu söyleyen öğrencilere aşağıdaki soru seçenekler öğrencilere görüşmeci tarafından okunarak sorulmuştur).

Şekil 3

Şekil 3 deki devrede akım (enerji) ile ilgili olarak aşağıdaki ifadelerden size göre hangisi doğrudur?

a) Lambanın her iki tarafındaki akım (enerji) şiddeti eşit büyüklüktedir.
b) Akım (enerji) lambayı geçtikten sonra azalır
c) Lambaya gelen akımın (enerji) hepsi lambada harcanır ve lambanın diğer tarafında akım şiddeti sıfırdır.

- Öğrenci (9): Hayır, her tarafında aynıdır.
Görüşmeci: Nerden biliyorsun? Neye dayanarak söyledin?
Öğrenci (9): Şimdi kablo, bu şimdi buraya geliyor, buradan çıkınca, lamba yanar daha devam eder.
Görüşmeci: Yani akım bu tarafla bu tarafta da eşit mi diyosun?
Öğrenci (9): Evet.
Görüşmeci: Niye?
Öğrenci (9): Lamba yandıktan sonra daha devam eder.
Öğrenci (7): Bence ilk söylediğiniz doğru. Enerji, lamba yandıkça pilde bitmeye başlar. Enerji tükenir bence a doğru.

- Görüşmeci: Pilin bitmediğini düşünelim. Hep aynı kaldığını düşünelim. Enerjinin dolanımı sırasındaki lambanın bu tarafındaki enerji ile bu tarafındaki enerjiler niye aynı?
- Öğrenci (7): Çünkü eksi yüklü olan az da olsa yanmaz.
- Görüşmeci: Nasıl yani anlayamadım. Eksi ve artı yüklü demekle ne kastediyorsun?
- Öğrenci (7):
- Görüşmeci: Ne diyorsun?
- Öğrenci (7): Dediğim şu yani, bu lambaya birleşme lampa yanmaz.
- Görüşmeci: Kim birleşiyor lambada?
- Öğrenci (7): Şey artı bi de eksi yükler.
- Görüşmeci: Yük ne?
- Öğrenci (7): İşte teller var ya.
- Görüşmeci: Tamam sen diyorsun ki, enerji iki tarafta da aynı.
- Öğrenci (7): Evet
- Öğrenci (23): Lambaya geldikten sonra azalabilir diyebilirim ama....., Lambanın her iki tarafındaki akım şiddeti eşit olabilir. Bir kere azalmasaydı lampa yanmazdı, lambanın her iki tarafındaki akım şiddetini normal düşünersek bu da olabilir yani. Ben genelde akımın lambayı geçtikten sonra azalır diyorum.
- Görüşmeci: Neye dayanarak onu söyledin peki.
- Öğrenci (23): Lamba, akım lambaya geldiğinde lambadaki dirençten biraz olsun düşüyor yani. Akımın gücü tükeniyor.
- Öğrenci (20): c şıkkı. Lambaya akım eksi taraftan gelir, lambada son bulur.
- Görüşmeci: Yani akımın hepsini lampa harcar mı diyorsun?
- Öğrenci (20): Harcar valla.
- Öğrenci (17): ..., c şıkkı. Çünkü lampa ışık verir. Işık vurduğu (verdiği) içinde elektrik akımı sıfıra iner. Orada harcanır, bittiği içinde.
- Görüşmeci: Vururdan kastın ne? Biraz önce vurur mu dedin?
- Öğrenci (17): Şimdi artı yüklü taraftan elektrik akımı gelir. Işık da yandığı için elektrik kullanılır burada. Bu elektrik bittiği zaman ışık gelmez. Yani lampa ışık vermez. Bu tarafta eksi yükler sıfırdır.
- Öğrenci (21): Hocam bence a. .
- Görüşmeci: Neden?
- Öğrenci (21): İki yönden de geliyor hocam eşit olarak geliyor bir yerde birleşiyorlar orda çarpışması sonucu hocam ışık vermeye başlıyor.

- Öğrenci (8): b, Burada harcanır. Burada akım artı yüklü taraftan geliyor, lambadan geçerken akım harcanır ondan sonra azalarak buraya gider.
- Öğrenci (2): C olmaz zaten.
- Görüşmeci: Neden olmaz?
- Öğrenci (2): Zaten lambaya gelen akımın hepsi lambada harcanır diyor, hepsi harcanmaz.
- Görüşmeci: Peki b şikkında?
- Öğrenci (2): Akım lambayı geçtikten sonra azalır. Tabii biraz daha azalıyor ama gene o kadar parlaklığını kaybetmez.
- Görüşmeci: Ama azalır mı diyorsun yine de ...
- Öğrenci (2): Hı hı.
- Öğrenci (16):, eeee,... b şikkı diyorum.
- Görüşmeci: Akım lambayı geçtikten sonra azalır diyorsun yani, neden?
- Öğrenci (16): Neden, yani lambaya zaten ısı veriyor, ısı verdiği için lambayı geçince azalır.

Yukarıdaki görüşmede görüldüğü gibi, öğrencilerin büyük bir çoğunluğu akımın lambayı geçince azalması gerektiğini ifade etmektedirler.

Son testte öğrencilerin % 95.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu açıklamalardan % 87'si tam doğru, % 8.7'si ise kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Deney grubunda yapılan öğretimin, bu soruda öğrencileri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamaya yöneltmede başarılı olduğu söylenebilir.

Öğretim sonrası ise yine aynı soru ile ilgili olarak öğrencilerle yapılan görüşmelerde, öğrencilerin neredeyse tamamı akımın lambanın her iki tarafında da eşit olacağını ifade etmişlerdir. Bununla ilgili olarak görüşmelerden elde edilen veriler aşağıda sunulmaktadır.

- Öğrenci (23): a şikkıdır çünkü bir devrede akım her yerde aynıdır
- Görüşmeci: Peki bunu neye dayanarak söylüyorsun?
- Öğrenci (23): Deneyle sırasında görmüştük.
- Görüşmeci: Ne yapmıştık deneylerde?
- Öğrenci (23): Bütün kollar arasındaki akımı ölçmüştük hepsinde aynı çıkmıştı.
- Öğrenci (7): a şikkı. Çünkü lambanın her iki tarafında da akım eşittir (2, 9)
- Görüşmeci: Peki bunu neye dayanarak söylüyorsun?

- Öğrenci (7): Çünkü akım dolanıyor +’dan –‘ye doğru.
- Görüşmeci: Peki lamba üzerinden geçince azalmıyor mu?
- Öğrenci (7): Deneyler sırasında lambadan geçtikten sonra azalmadı.
- Öğrenci (8): Akım lamba üzerinden geçince lambayı yakar ve oradan geçtikten sonra harcanmadan yine devam eder yoluna, yani harcanmaz.
- Öğrenci (20): ... a şıkkı doğru.
- Görüşmeci: Peki bunu neye dayanarak söylüyorsun?
- Öğrenci (20): Bunu yaptığımız deneylere dayanarak söyledim. Deneylerde devre kurmuştuk, + yönden gelen akımla – yönden gelen akımın aynı şiddette olduğunu görmüştük.
- Görüşmeci: Şimdi akım hem +’dan hem –‘den mi geliyordu?
- Öğrenci (20): Akım + taraftan – tarafa doğrudur.
- Görüşmeci: Bunu neye dayanarak söyledin?
- Öğrenci (20): ... deneylerde lambanın iki yanındaki ampermetreden geçen akımlar eşitti.

16, 17, 21 numaralı öğrencilerin açıklamalarında akımın devrede her yerde eşit olduğunu belirtmenin yanında bu söylediklerine pek inanmadıkları ve aslında akımın lambayı geçince azalması gerektiğini söylemek istedikleri ifadelerinden anlaşılmaktadır. Bu öğrencilerle ilgili olarak görüşmelerden elde edilen veriler aşağıda sunulmaktadır.

- Öğrenci (16): ..., aslında akım lambayı geçtikten sonra azalmaz ama...
- Görüşmeci: Yani a şıkkını diyorsun?
- Öğrenci (16): Hımmm, birazcık.
- Öğrenci (17): ..., c şıkkı.
- Görüşmeci: Neden?
- Öğrenci (17): Devre tamamlanır,...,a şıkkı diyorum.
- Görüşmeci: Peki bununla ilgili deney yapmış mıydık?
- Öğrenci (17): ...
- Görüşmeci: Lambanın iki yanına ampermetreler koymuştuk, bu ampermetrelerin gösterdiği değerler nasıldı?
- Öğrenci (17): Eşitti ...
- Öğrenci (21): a şıkkı diyorum. Çünkü her tarafında eşittir hocam.
- Görüşmeci: Yani akım devrede dolanırken azalmaz diyorsun.

- Öğrenci (21): Olurda harcamaya uğrarda, lamba ışık yani enerji harcar...
- Görüşmeci: Lambanın her iki yanına da ampermetre koyduğumuz deneyde ampermetrelerden gözlemlediğimiz değerler neydi?
- Öğrenci (21): Bunların arası 0 çıkar, devreden geçen akımlar burada sıfırdır.
- Görüşmeci: Niye sıfır?
- Öğrenci (21): Aslında burayı ölçtüğümüzde böyle bir şey gösteriyordu ama.
- Görüşmeci: Lambanın her iki yanına birer ampermetre koyduğumuzda ne değeri göstermişti?
- Öğrenci (21): Belirli bir değer göstermişti ama, ... ikiside eşit.

Geciktirilmiş son testte öğrencilerin toplam % 69.5'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptığı görülmektedir. Bu açıklamalardan % 56.5'i tam doğru, % 13'ü ise, kısmen doğru açıklama kategorisi içine düşmektedir. Bu testte doğru açıklama yüzdesi son test ile kıyaslandığında, yaklaşık % 30 oranında düşmüştür. Öğrencilerin % 17.4'ü "akım lambayı geçince azalır" açıklamasını yapmışlardır. Tablo 5.33'e bakıldığında bu açıklamayı ön testte yapan öğrencilerin tamamının bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptıkları görülmektedir. Geciktirilmiş son testte bu açıklamayı yapan öğrencilerin (7, 17, 20, 22 numaralı öğrenciler) ön testte genelde daha alt kategorilerde buldukları görülmektedir (bkz. Şekil 5.27). Deney grubu öğrencilerinin üçte ikisinden daha fazlasının doğru açıklamayı yapmış olması bilginin kalıcılığı açısından, yapılan öğretimin kısmen de olsa etkili olduğunu göstermektedir.

Genel olarak bakıldığında, öğrencilerin "akım lambayı geçince azalır" alternatif fikrinde kavramsal değişimi sağlayabilmek amacıyla öğretimde gerçekleştirilen bölüm 2 etkinlik 5' de yer alan aktivitenin etkili olduğu söylenebilir.

7. soruda deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları ($p=0.00$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçtan, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olduğu söylenebilir.

Ayrıca, deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.01$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bilginin kalıcılığı açısından düşünüldüğünde, deney grubunda yapılan öğretimin etkili olmadığı söylenebilir.

Ön test ile geciktirilmiş son testin karşılaştırılmasından elde edilen istatistiksel analiz sonucu ($p= 0.01$) ise geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlardan, deney grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama bakımından etkili olduğu ve kazanılan bilginin de kısmen de olsa unutulduğu söylenebilir.

Kontrol grubu öğrencilerinin soru 7’de yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.36’da sunulmaktadır.

Tablo 5.36 Kontrol grubu öğrencilerinin soru 7’ de yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Elektrik akımının devrenin her yerinde aynı değerde olduğunu ifade edenler (korunumlu).	4.3	30.4	26.1
B	¹ Devredeki enerji aynı olduğu için akımında aynı olacağını ifade edenler.	4.3	-	-
D	¹ Akımın (enerji) lambayı geçince azalacağını ifade edenler.	17.4	21.7	17.4
D	² Pilin pozitif tarafındaki akımın negatif tarafındaki akımdan daha büyük olduğunu ifade edenler.	17.4	21.7	4.3
D	³ Pilin her iki kutbundan da akımın geldiğini ve + kutuptan gelen akımın – den gelene göre daha fazla olduğunu ifade edenler.	4.3	-	13
D	⁴ Pilin her iki kutbundan da akımın geldiğini ve bunların eşit olduğunu ifade edenler.	4.3	4.3	-
D	⁵ 1 noktası + yüklü, 2 nin – yüklü olmasından dolayı $1>2$ olduğunu ifade edenler.	8.7	-	-
E	¹ Noktaların lambaya olan uzaklıklarını dikkate alarak 1 noktasının 2 ye göre lambaya daha yakın olduğundan $1>2$ olduğunu ifade edenler.	13	-	17.4
E	² Pile yakın olan noktadaki akımın daha fazla olduğunu ifade edenler.	4.3	-	4.3
F	Kodlanamayan	21.7	17.4	17.4
G	Açıklama yok	-	4.3	-
	Toplam	99.7	99.8	99.9

Tablo 5.36'da da görüldüğü gibi, ön testte öğrencilerin toplam % 8.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Öğrencilerin % 17.4'ü "akım (veya enerji) lambayı geçince azalır" şeklindeki açıklamayı, % 17.4'ü "pilin pozitif tarafındaki akım negatif tarafındaki akımdan daha büyüktür" şeklindeki açıklamayı ve % 13' ü noktaların lambaya olan uzaklıklarını dikkate alarak "1 noktası 2 ye göre lambaya daha yakın olduğundan $1 > 2$ dir" şeklinde bir açıklama yapmışlardır.

Son testte öğrencilerin % 30.4'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Öğrencilerin % 21.7'si "akım (veya enerji) lambayı geçince azalır" açıklamasını yapmışlardır. Bu alternatif fikrin öğretim sonrasında çok az da olsa güçlenerek çıktığı görülmektedir. Çünkü ön testte bu açıklamanın yüzdesi % 17.4 iken son testte % 21.7'ye yükselmiştir. Aynı şekilde ön testte % 17.4 olan "pilin pozitif tarafındaki akım negatif tarafındaki akımdan daha büyüktür" açıklaması son testte % 21.7'ye yükselmiştir.

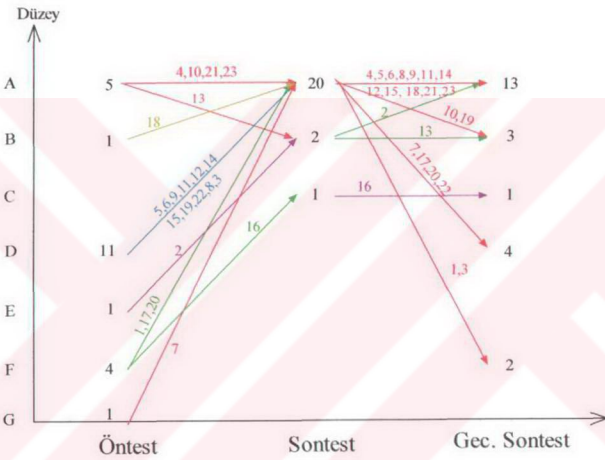
Tablo 5.36'dan geciktirilmiş son testte öğrencilerin toplam % 26.1'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptığı görülmektedir. Bu testte doğru açıklama yüzdesinin son test ile kıyaslandığında yaklaşık % 4 oranında düştüğü görülmektedir. Öğrencilerin % 17.4'ü noktaların lambaya olan uzaklıklarını dikkate alarak "1 noktası 2 ye göre lambaya daha yakın olduğundan $1 > 2$ dir" şeklinde bir açıklama yapmışlardır. Bu açıklama son testte hiçbir öğrenci tarafında yapılmazken geciktirilmiş son testte yine ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin % 17.4'ü "akım lambayı geçince azalır" açıklamasını ve % 13' ü "pilin her iki kutbundan da akım gelir ve + kutuptan gelen akım - kutuptan gelen akımdan daha büyüktür" açıklamasını yapmışlardır.

7. soruda, kontrol grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.07$) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Ayrıca, benzer bir durum son test-geciktirilmiş son test ($p= 0.10$) ve ön test-geciktirilmiş son testte de ($p= 0.66$) bulunmaktadır. Bu durum, kontrol grubunda yapılan öğretimin son test ve geciktirilmiş son testte öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testten ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları, son test ($p= 0.00$) ve geciktirilmiş son testin ($p= 0.01$) her ikisinde de deney grubu lehine anlamlı bir

farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlara göre, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre hem kavramsal anlama hem de bilginin kalıcılığı açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

Kavramsal Değişimin İncelenmesi: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testte 7. soruda buldukları düzeyleri ve düzeyler arası geçişlerini gösteren şekiller aşağıda sunulmaktadır.

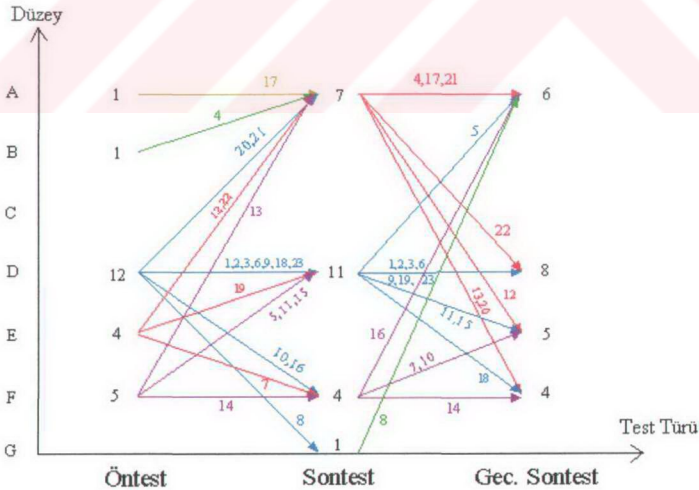


Şekil 5.27 Deney grubu öğrencilerinin herbirinin, 7. soru'da ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri

Şekil 5.27 incelendiğinde, ön testte D, A, F düzeylerinde, son testte A düzeyinde ve geciktirilmiş son testte ise A, D, B düzeylerinde yığılmalar olduğu göze çarpmaktadır.

Ön testte B düzeyinde olan 18 numaralı öğrenci, D düzeyinde olan 3, 5, 6, 9, 11, 12, 14, 15, 19, 22, 8 numaralı öğrenciler, F düzeyinde olan 1, 17, 20 numaralı öğrenciler ile G düzeyinde bulunan 7 numaralı öğrencinin son testte A düzeyine ve E düzeyinde olan 2 numaralı öğrencinin B düzeyine çıktığı görülmektedir. Ayrıca ön testte A düzeyinde bulunan 4, 10, 21, 23 numaralı öğrenciler son testte yine A düzeyinde kalmıştır.

Son testte A veya B düzeyinde bulunan 5, 6, 9, 11, 14, 12, 15, 18, 8, 2, 19 numaralı öğrencilerin geciktirilmiş son testte yine bu düzeylerde kalmalarından dolayı bu öğrencilerin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir. Örneğin ön testte “*Pilden gelen akım 1'den 2'ye geçerken harcanır. Bundan dolayı 1 büyüktür 2'den*” şeklinde düşünen 8 numaralı öğrenci son test ve geciktirilmiş son testte bu düşüncesini bırakarak bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmıştır. Bu açıklamalar son testte “*Pilden gelen akım devrenin her yerinde aynıdır*” ve geciktirilmiş son testte ise “*Akım aynı şiddette devrede dolandığı için lambadan geçtikten sonra akım harcanmadığı için*” şeklindedir. Son testte A ve B düzeyinde bulunan öğrencilerden geciktirilmiş son testte D düzeyine düşen 7, 17, 20, 22 numaralı öğrenciler ile F düzeyine düşen 1 ve 3 numaralı öğrencilerin fikirlerinde kalıcı olmayan kavramsal değişim olduğu söylenebilir. Örneğin ön testte “*İlk önce elektrik 1 nolu akım şiddetine gidiyor*” şeklinde bir açıklama yapan 17 numaralı öğrenci son testte “*Akım devreyi tamamlayana kadar aynıdır. Çünkü seri bağlıdır*” şeklindeki doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Fakat bu öğrenci geciktirilmiş son testte “*Pozitif yönde olduğu için $I > 2$* ” şeklinde yaptığı açıklama D düzeyinde yer alan yanlış bir açıklamadır.



Şekil 5.28 Kontrol grubu öğrencilerinin herbirinin, 7. soruda ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri

Şekil 5.28 incelendiğinde, ön testte D, F, E düzeylerinde, son testte D, A, F düzeylerinde ve geciktirilmiş son testte ise D, A, E, B düzeylerinde yığılmalar olduğu göze çarpmaktadır.

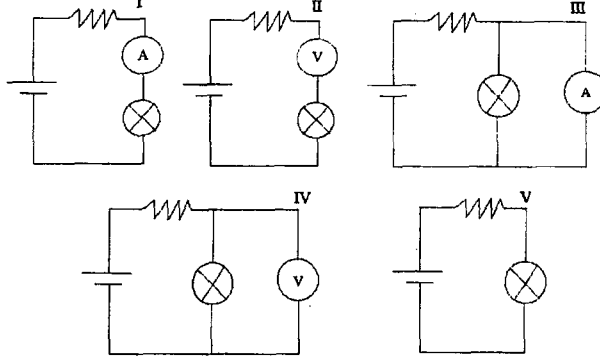
Ön testte B düzeyinde olan 4 numaralı öğrenci, D düzeyinde olan 20, 21 numaralı öğrenciler, E düzeyinde olan 12, 22 numaralı öğrenciler ile F düzeyinde olan 13 numaralı öğrencinin son testte A düzeyine çıktıkları görülmektedir. Ayrıca ön testte A düzeyinde bulunan 17 numaralı öğrenci son testte yine A düzeyinde kalmıştır.

Son testte A düzeyinde bulunan 4, 17, 21 numaralı öğrencilerin geciktirilmiş son testte yine bu düzeylerde kalmalarından dolayı bu öğrencilerin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim ve son testte A düzeyinde bulunan öğrencilerden geciktirilmiş son testte D (22), E (12), F (13,20) düzeylerine düşen öğrencilerin fikirlerinde kalıcı olmayan kavramsal değişim olduğu söylenebilir.

Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerden geciktirilmiş son test sonucunda kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştirenlerin sayısına bakıldığında, deney grubunda on bir, kontrol grubunda ise üç öğrencinin olduğu görülmektedir. Bu sonuç, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre kavramsal değişim açısından daha etkili olduğunu göstermektedir.

8.Soru

Aşağıdaki şekillerde,



(A) → Ampermetre (V) → Voltmetre yi göstermektedir

Yukarıdaki beş devrede de dirençler, lambalar ve piller özdeştir. Buna göre her bir devredeki lambaların parlaklıkları ile ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerin başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X isareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız

I=II=V>III=IV

I=II=V>III=IV

V>I=II>III=IV

I=IV=V, II ve III yanmaz

I=II=III=IV=V

.....

Açıklamanız:

Ölçü aletlerinin (ampermetre ve voltmetre) devreye bağlanma şekli ile ilgili olan bu soruda, ölçü aletlerinin devreye nasıl bağlanması gerektiği ve yanlış bağlanımları durumunda devrede ne olabileceğiyle ilgili öğrencilerin görüşlerini test etmek amaçlanmıştır. Öğrencilerden yukarıdaki şekilde sunulan beş farklı devredeki lambaların parlaklıkları ile ilgili bir tahminde bulunmaları ve bu tahminlerini açıklamaları istenilmiştir.

Bu soruda doğru seçenek yöntem bölümünde bahsedilen sebepten dolayı konulmamıştır. Sorunun doğru cevabı "1=4=5, 2 ve 3 yanmaz" dır ve yapılabilecek açıklama için doğru cevap aşağıda sunulmaktadır;

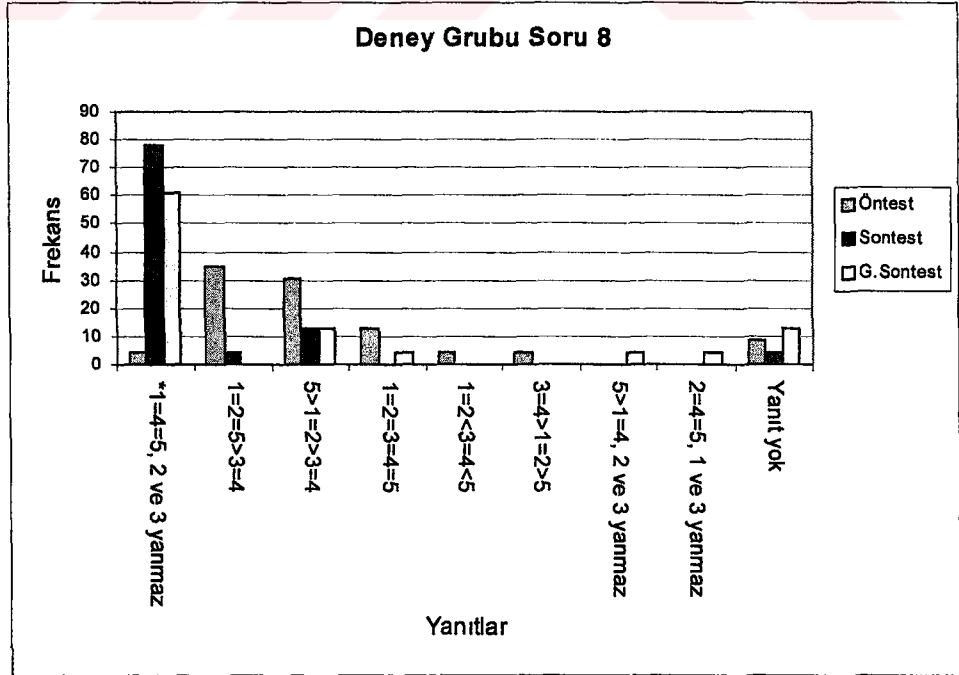
- Voltmetre devreye paralel ampermetre ise seri bağlanır,
- 2'de voltmetre ve 3'te de ampermetre yanlış bağlandığından bu devredeki lambalar yanmaz.

- 1 ve 4 devresinde ölçü aletleri doğru bağlanmıştır ve ölçü aletlerinin lambanın parlaklığına bir etkisi yoktur. Bu yüzden de 1, 4, 5 devrelerindeki lambaların parlaklığı eşittir.

Deney grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.37’de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.29’da sunulmaktadır.

Tablo 5.37 Deney grubu öğrencilerinin 8. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri

Yanıtlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
*1=4=5, 2 ve 3 yanmaz	4.3	78.3	60.9
1=2=5>3=4	34.8	4.3	-
5>1=2>3=4	30.4	13	13
1=2=3=4=5	13	-	4.3
1=2<3=4<5	4.3	-	-
3=4>1=2>5	4.3	-	-
5>1=4, 2 ve 3 yanmaz	-	-	4.3
2=4=5, 1 ve 3 yanmaz	-	-	4.3
Yanıt yok	8.7	4.3	13
Toplam	99.8	99.9	99.8



Şekil 5.29 Deney grubu öğrencilerinin 8. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.37 ve şekil 5.29’da görüldüğü gibi, 8. soruda ön testte öğrencilerin % 4.3’ü “1=4=5, 2 ve 3 yanmaz” doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 86.8’i ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 34.8 ile “1=2=5>3=4”, % 30.4 ile “5>1=2>3=4” ve % 13’ ile “1=2=3=4=5” olmuştur.

Son testte öğrencilerin % 78.3’ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi çok büyük bir oranda yükseldiği görülmektedir. Yanlış seçeneklerin işaretlenme yüzdesi ise % 17.4 olmuştur. Bu seçenekler içinden en fazla işaretlenen % 13 ile “5>1=2>3=4” seçeneğidir. Bu seçenek ön testte % 30.4 ile işaretlenmiş olup son testte işaretlenme yüzdesi yaklaşık iki buçuk kat azalmıştır. Genel olarak bakıldığında, sınıfın büyük bir çoğunluğunun doğru cevabı işaretlemiş olması bize deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olduğunu göstermektedir.

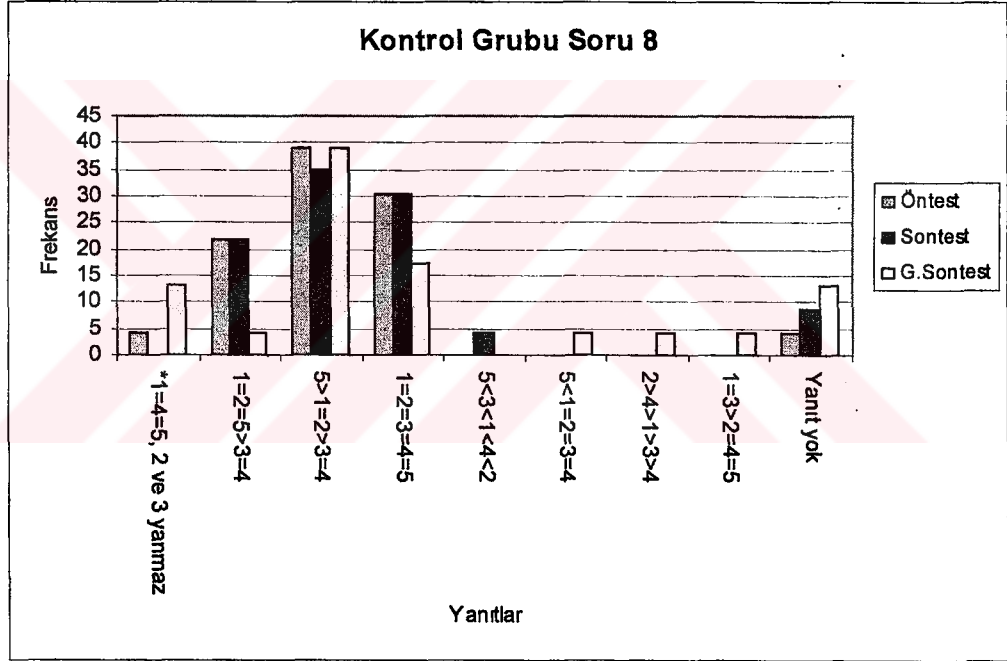
Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 60.9’u doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 25.9 olmuştur. Son test ile kıyaslandığında geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi kısmen de olsa bir düşüş göstermektedir, fakat ön test ile kıyaslandığında doğru seçeneği işaretleme yüzdesi yine çok büyük bir oranda artmıştır.

Her üç test sonuçlarına bakıldığında, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu soruda doğru cevaba yöneltme açısından etkili olduğu söylenebilir.

Kontrol grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri aşağıdaki Tablo 5.38’de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.30’da sunulmaktadır.

Tablo 5.38 Kontrol grubu öğrencilerinin 8. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri

Yanıtlar	Frekans (%)		
	Ön test	Son test	Geciktirilmiş Son test
*1=4=5, 2 ve 3 yanmaz	4.3	-	13
1=2=5>3=4	21.7	21.7	4.3
5>1=2>3=4	39.1	34.8	39.1
1=2=3=4=5	30.4	30.4	17.4
5<3<1<4<2	-	4.3	-
5<1=2=3=4	-	-	4.3
2>4>1>3>4	-	-	4.3
1=3>2=4=5	-	-	4.3
Yanıt yok	4.3	8.7	13
Toplam	99.8	99.9	99.7



Şekil 5.30 Kontrol grubu öğrencilerinin 8. soru için ön test, son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.38 ve Şekil 5.30’da görüldüğü gibi, 8. soruda ön testte öğrencilerin % 4.3’ü “1=4=5, 2 ve 3 yanmaz” doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin % 91.2’si ise yanlış seçenekleri işaretlemişlerdir. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 39.1 ile “5>1=2>3=4” % 30.4 ile “1=2=5>3=4” ve % 21.7 ile “1=2=3=4=5” olmuştur.

Son testte öğrencilerin hiçbiri doğru seçeneği işaretlemiştir. Yanlış seçeneklerin işaretlenme yüzdesi ise toplam % 91.2’dir. Bu seçenekler içinden en

fazla işaretlenenler tabloda da görüldüğü gibi yine aynı seçeneklerdir. Genel olarak bakıldığında, sınıfta hiçbir öğrencinin doğru cevabı vermemiş olması yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olmadığını göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 13 ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 73.7 olmuştur. Yanlış seçeneklerden en fazla işaretlenenleri, % 39.1 ile “ $5>1=2>3=4$ ” ve % 17.4 “ $1=2=3=4=5$ ” olmuştur.

Her üç test sonuçlarına bakıldığında, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu soruda doğru cevaba yöneltme açısından etkili olmadığı söylenebilir.

Deney grubu öğrencilerinin 8. soruda yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri aşağıda Tablo 5.39’da sunulmaktadır.

Tablo 5.39 Deney grubu öğrencilerinin 8. soru'da yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzye	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
A	1 Ampermetrenin seri, voltmetrenin paralel bağlanması gerektiğini belirtip, bunların yanlış bağlanması durumunda lambanın ışık vermeyeceğini ifd. ed.	4.3	73.9	60.9
C	1 Ampermetrenin seri, voltmetrenin paralel bağlanması gerektiğini, bunların yanlış bağlanması durumunda lambanın ışık vermeyeceğini belirtip, devredeki eleman sayısı ile lambanın parlaklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler.	-	-	4.3
C	2 Beş devrede de ampermetre ve voltmetrenin kaldırılması durumunda lambaların hepsinin eşit yanacağını ifade edenler (Açıklama doğru ama sorulan soru ile ilgili değil).	-	4.3	-
C	3 2 ve 3. devrelerde ampermetre ve voltmetrenin yanlış bağlanmasından lambaların yanmayacağını ve 1. devrede ampermetre seri bağlandığı için lambanın 4 ve 5 deki lambalardan daha fazla yanacağını ifd.ed.	-	4.3	-
C	4 Paralel bağlı lambalarda akımın ikiye ayrılacağını ve bu yüzden serilere göre daha az yanacağını ifd.ed.	4.3	4.3	4.3
D	1 Seri bağlı lambaların paralel bağlı lambalara göre daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	21.7	8.7	4.3
D	2 Beş devrenin de yanlış bağlandığını belirtip hiçbir lambanın ışık vermeyeceğini ifade edenler.	4.3	-	-
D	3 Paralel bağlı lambaların seri bağlı lambalardan daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	4.3	-	-
D	4 Beş devrede de akım şiddetinin eşit olduğunu ve bu yüzden lambaların parlaklığının aynı olduğunu ifade edenler..	4.3	-	-
E	1 En fazla enerjiyi 5 devresindeki lambanın vereceğini ifade edenler.	4.3	-	-
E	2 3 ve 4. devrelerin diğerlerinden daha uzun olduğu için lambalarının daha az yanacağını ifade edenler.	4.3	-	-
E	3 1 ve 3. devrelerde ampermetreler akımı keseceği için lambaların yanmayacağını ifade edenler.	-	-	4.3
F	Kodlanamayan	13	4.3	-
G	Açıklama yok	34.8	-	21.7
	Toplam	99.6	99.8	99.8

Tablo 5.39'da da görüldüğü gibi, 8. soruda, ön testte öğrencilerin % 4.3'ü bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Burada öğrencilerin %

34.8'i bir açıklama yapmamışlardır. Herhangi bir seçeneği işaretlemiş olmalarına rağmen bu öğrencilerin çoğunluğu bu soru ile ilgili herhangi bir fikirleri olmadığı için bir açıklama yapmadıklarını belirtmişlerdir. Öğrencilerin yaptıkları açıklamalardan bilimsel olarak kabul edilemeyecek olanların yüzdesi ise toplam % 47.5'dir. Bu açıklamaların belli bir kategori içerisinde toplanmadığı tabloda görülmektedir. Burada dikkati çeken şey, öğrencilerin toplam % 30.3' ü devrelerde kullanılan ampermetre ve voltmetrelerin bağlantı şekillerinden (seri, paralel) giderek "seri bağlı lambalar paralel bağlılardan daha parlaktır" veya "paralel bağlı lambalar serilerden daha parlaktır" şeklinde açıklama yapmış olmalarıdır. Yani burada denilebilir ki bu öğrenciler ölçü aletlerini lamba gibi düşünerek açıklama yapmaktadırlar.

Son testte öğrencilerin % 73.9'u bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı, % 21.6'sı ise yanlış olarak kodlanan açıklamayı yapmışlardır. Yanlış açıklamalar içinde ön testte de belirttiğimiz, ölçü aletlerinin lamba gibi görülmesi kategorisinin toplam yüzdesi % 13 olmuştur. Ön teste kıyasla, özellikle doğru açıklama yüzdesinin oldukça yüksek olması ve yanlış açıklama kategorisinin düşmesi deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede başarılı olduğunu göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte öğrencilerin % 60.9'u bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptığı görülmektedir. Öğrencilerin % 17.4'ü yanlış açıklamalar kategorisinde yer alan açıklamalar yapmışlardır. Bu yüzdenin % 8.7'si, ölçü aletlerinin lamba gibi görülmesi kategorisinde yer almaktadır. Ayrıca bu testte öğrencilerin % 21.7'si açıklama yapmamışlardır. Son test ile karşılaştırıldığında doğru açıklama yüzdesinde az da olsa bir düşme olduğu ve ön test ile kıyaslandığında ise büyük bir oranda bu yüzdenin arttığı görülmektedir.

8. soruda deney grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları ($p=0.00$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçtan, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olduğu söylenebilir.

Ayrıca, deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.02$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bilginin kalıcılığı açısından düşünüldüğünde, deney grubunda yapılan öğretimin etkili olmadığı söylenebilir.

Ön test ile geciktirilmiş son testin karşılaştırılmasından elde edilen istatistiksel analiz sonucu ($p= 0.01$) ise geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlardan, deney grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama bakımından etkili olduğu ve kazanılan bilginin de kısmen de olsa unutulduğu söylenebilir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 8. soruda yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri aşağıda Tablo 5.40'ta sunulmaktadır.

Tablo 5.40 Kontrol grubu öğrencilerinin 8. soruda yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzye	Kategoriler	Frekans (%)		
		Ön test	Son test	Geciktirilmiş son test
C	¹ 1=4=5, 2 ve 3 yanmaz seçeneğini işaretleyip, 2 ve 3 ün yanmamasını akımın gelmemesine bağlayıp, akımın gelmesi için ampermetrenin olmaması gerektiğini ifd. ed.	-	-	4.3
C	² Devrenin toplam direnci ile lambaların parlaklığı arasında ters orantılı ilişki olduğunu ifade edenler.	-	8.7	-
C	³ Ölçü araçlarının devredeki enerjiyi etkilemediğini bu yüzden de lambaların hepsinin eşit yanacağını ifd. ed.	4.3	-	-
D	¹ Devredeki eleman sayısı ile lambanın parlaklığı arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler.	4.3	8.7	8.7
D	² Devrenin toplam direnci ile lambaların parlaklığı arasında doğru orantılı ilişki olduğunu ifade edenler.	-	4.3	4.3
D	³ Dirençler, lambalar ve piller özdeş olduğu için lambaların parlaklığının eşit olduğunu ifade edenler.	8.7	17.4	26.1
D	⁴ Seri bağlı lambaların paralel bağlı lambalara göre daha fazla ışık vereceğini ifade edenler.	17.4	13	13
D	⁵ Devrede akımın üzerinden geçtiği eleman sayısı ile lambanın parlaklığı arasında ters orantılı ilişki olduğunu ifade edenler.	4.3	-	-
E	¹ Seri bağlı devrelerin birbirine eşit olmadığını ifd. ed.	4.3	-	-
E	² Ampermetre ve voltmetreği lamba gibi düşünüp ışık vereceğini ifade edenler.	-	-	4.3
F	Kodlanamayan	26.1	26.1	13
G	Açıklama yok	30.4	21.7	26.1
	Toplam	99.8	99.9	99.8

Tablo 5.40'ta da görüldüğü gibi, 8. soruda, ön testte öğrencilerden hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamışlardır. Burada öğrencilerin % 30.4'ü bir açıklama yapmamıştır. Herhangi bir seçeneği işaretlemiş olmalarına rağmen bu öğrencilerin çoğunluğu bu soru ile ilgili herhangi bir fikirleri olmadığı için bir açıklama yapmadıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin % 26.1'inin açıklamaları ise kodlanamamıştır. Öğrencilerin yaptıkları açıklamalardan bilimsel olarak kabul edilemeyecek olanların yüzdesi ise toplam % 43.3 dür. Bu açıklamaların belli bir kategori içerisinde toplanmadığı tabloda görülmektedir. Burada dikkati çeken şey, öğrencilerin toplam % 26'sı ölçü aletlerini lamba gibi düşünerek açıklama yapmaktadırlar. Bu açıklamaların bulunduğu kategoriler D1, D4 ve D5 dir. Öğrencilerin % 8.7'si da devrelerde kullanılan direnç, lamba ve piller özdeş olduğundan lambaların parlaklığının eşit olacağını belirtmektedirler.

Son testte de ön testte olduğu gibi öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapamamıştır. Ampermetrelerin ve voltmetrelerin neyi ölçtüğü, devreye nasıl bağlanmalarını gerektiği konusunda kontrol grubunda yapılan öğretimin etkili olmadığı görülmektedir. Bu testte öğrencilerin % 21.7'si bir açıklama yapamamış ve % 26.1'inin de açıklamaları kodlanamamıştır. Öğrencilerin toplam % 21.7'si, ölçü aletlerini lamba gibi düşünerek bir açıklama (D1 ve D4) yapmışlardır. Bu açıklamanın yüzdesinin ön testteki yüzdesi (% 25.8) ile karşılaştırıldığında fazla bir değişikliğe uğramadığı söylenebilir. Öğrencilerin % 17.4'ü ise devre elemanlarının hepsi özdeş olduğu için lambaların parlaklığının eşit olacağını ifade etmişlerdir. Bu ifadenin yüzdesinin ön testte kine kıyasla iki kat arttığı gözlenmektedir. Bu testte bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamanın yapılamamış olması kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir.

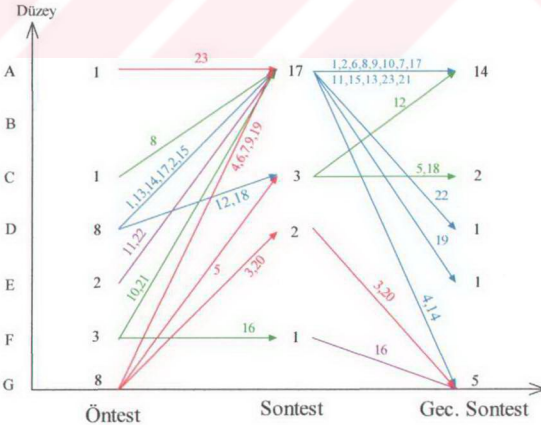
Geciktirilmiş son testte öğrencilerin % 4.3'ünün bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yaptığı görülmektedir. Tablo 38'de de görüldüğü gibi, bu testte öğrencilerin % 26.1'i bir açıklama yapmamış ve % 13'ünün de açıklamaları kodlanamamıştır. Öğrencilerin toplam % 21.7'si, ölçü aletlerini lamba gibi düşünerek bir açıklama (D1, D4) yapmışlardır. Bu açıklamanın yüzdesinin ön test ve son testteki yüzdeleriyle kıyaslandığında fazla bir değişikliğe uğramadığı söylenebilir. Öğrencilerin % 26.1'i, devre elemanlarının hepsi özdeş olduğu için lambaların parlaklığının eşit olacağını ifade etmişlerdir. Bu açıklamanın ön testteki

yüzdesinin % 8.7 ve son testteki yüzdesinin % 17.4 olması, bize zamanla bu ifadenin güçlendiğini göstermektedir.

8. soruda, kontrol grubu öğrencilerinin ön test ve son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p=0.38$) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Ayrıca, benzer bir durum son test-geciktirilmiş son test ($p= 0.97$) ve ön test-geciktirilmiş son testte de ($p= 0.24$) bulunmaktadır. Bu durum, kontrol grubunda yapılan öğretimin son test ve geciktirilmiş son testte öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığını göstermektedir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testten ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları, son test ($p= 0.00$) ve geciktirilmiş son testin ($p= 0.01$) her ikisinde de deney grubu lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlara göre, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre hem kavramsal anlama hem de bilginin kalıcılığı açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

Kavramsal Değişimin İncelenmesi: Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin ön test, son test ve geciktirilmiş son testte 8. soruda buldukları düzeyleri ve düzeyler arası geçişlerini gösteren şekiller aşağıda sunulmaktadır.



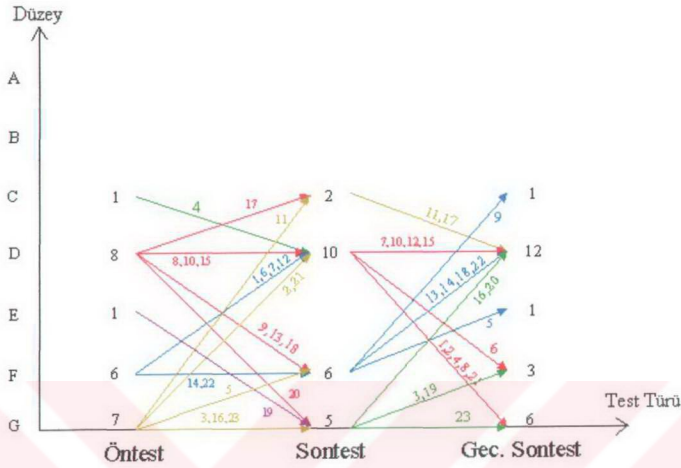
Şekil 5.31 Deney grubu öğrencilerinin herbirinin, 8. soru'da ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri

Şekil 5.31 incelendiğinde, ön testte D, F düzeylerinde, son testte A düzeyinde ve geciktirilmiş son testte A, G düzeylerinde bir yığılma olduğu görülmektedir.

Ön testte C düzeyinde olan 8 numaralı öğrenci, D düzeyinde olan 1, 2, 13, 14, 17, 15 numaralı öğrenciler, E düzeyinde olan 11, 22 numaralı öğrenciler, F düzeyinde olan 10, 21 numaralı öğrenciler ile G düzeyinde bulunan 4, 6, 7, 9, 19 numaralı öğrencilerin son testte A düzeyine çıktığı görülmektedir. Ayrıca ön testte A düzeyinde bulunan 23 numaralı öğrenci son testte yine A düzeyinde kalmıştır.

Son testte A düzeyinde bulunan 1, 2, 6, 9, 10, 7, 11, 17, 15, 13, 21, 8 numaralı öğrencilerin geciktirilmiş son testte yine bu düzeylerde kalmalarından dolayı bu öğrencilerin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir. Örneğin ön testte “Çünkü akım şiddeti hepsinde aynı miktardadır (hepsi eşit)” şeklinde düşünen 2 numaralı öğrenci son test ve geciktirilmiş son testte bu düşüncesini bırakarak bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmıştır. Bu açıklamalar son testte “ $I=IV=V$ olur. II ve III ise yanmaz çünkü voltmetre devreye paralel, ampermetreler ise seri bağlanırlar” ve geciktirilmiş son testte ise “Şekil II ve III’deki lambaların yanmamasının sebebi, şekil II’de voltmetre devreye seri bağlanmıştır. Oysa voltmetre seri değil paralel bağlanır. Şekil III’de ampermetre devreye paralel bağlanmıştır. Ampermetre devreye seri bağlanır” şeklindedir. Son testte A düzeyinde bulunan öğrencilerden geciktirilmiş son testte D (22), E (19), G (4,14) düzeyine düşen öğrencilerin fikirlerinde kalıcı olmayan kavramsal değişim olduğu söylenebilir. Örneğin ön testte “Çünkü dirençler I ve II deki şekiller ampermetre ve voltmetre aynı olduğu için eşittir ve direk gider. V ise II ve I eşit olup III ve IV fazladır. III ve IV, I ve II den daha uzun olup az olduğu için” şeklinde bir açıklama yapan 17 numaralı öğrenci son testte “II ve III yanlış bağlandığı için yanmazlar. I, IV ve V eşit olur” şeklindeki doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmıştır. Fakat bu öğrenci geciktirilmiş son testte “Normal olarak bağlanan devre I ve II devreden daha fazla yanar. Paralel olarak bağlanan devre eşit olur ve diğer devrelerden daha az yanar” şeklinde yaptığı açıklama D düzeyinde yer alan yanlış bir açıklamadır. Ayrıca ön test ve son testte A düzeyinde bulunan 23 numaralı öğrenci geciktirilmiş son testte yine bu düzeyde kalmış, son testte C düzeyinde bulunan 12 numaralı öğrenci ise geciktirilmiş son testte A düzeyine çıkmıştır.

Genel olarak bakıldığında, deney grubunda yapılan öğretim sonucunda 23 öğrenci içerisinde 11’inin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir



Şekil 5.32 Kontrol grubu öğrencilerinin herbirinin, 8. soru' da ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri

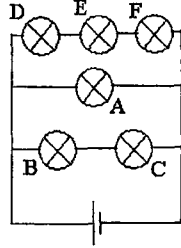
Şekil 5.32 incelendiğinde, ön testte D, G, F düzeylerinde, son testte D, F, G düzeylerinde ve geciktirilmiş son testte D, G düzeylerinde bir yığılma olduğu, öğrencilerin her üç testte de en fazla D düzeyinde buldukları ve A, B düzeylerinde hiçbir öğrencinin bulunmadığı ilk bakışta göze çarpan durumlardır.

Kontrol grubunda yapılan öğretim sonucunda, öğrencilerin fikirlerinde kalıcı veya kalıcı olmayan kavramsal değişimin her ikisinde gerçekleşmediği görülmektedir. Bu durum kontrol grubunda yapılan öğretimin etkili olmadığını gösteren bir başka sonuçtur.

Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerden geciktirilmiş son test sonucunda kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştirenlerin sayısına bakıldığında, deney grubunda on bir, kontrol grubunda ise hiçbir öğrencinin bulunmadığı görülmektedir. Bu durum, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre kavramsal değişim açısından bu soruda daha etkili olduğunu göstermektedir.

9. Soru

a)



Şekil 1

Yandaki şekilde bütün lambalar özdeşdir. Lambaların parlaklığı ile ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerin başındaki kutucuklardan size göre doğru olanın içine X işareti koyunuz. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.

A=B=C=D=E=F

A>B=C>D=E=F

B=C>A>D=E=F

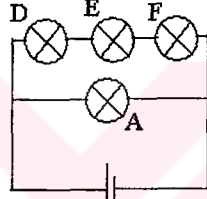
A>B>C>D>E>F

B=C>A>D=E=F

.....

Açıklamanız:

b) Şekil 1 deki devrede B ve C lambaları yerlerinden çıkartılırsa A, D, E, F lambalarının parlaklığı bu durumdan nasıl etkilenir. Cevabınızı kısaca açıklayınız.



Şekil 2

A lambası: Artar Değişmez Azalır

D lambası: Artar Değişmez Azalır

E lambası: Artar Değişmez Azalır

F lambası: Artar Değişmez Azalır

Açıklamanız:

Sorunun a şikkında lambaların parlaklık sıralaması ile ilgili doğru cevap $A > B = C > D = E = F$ dir. Bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalarda, her bir lamba için akım veya potansiyel farkı değerlerinin bulunarak bu değerler ile parlaklık arasında doğru orantılı bir ilişki kurulmasının bulunması gerekmektedir. Potansiyel farkı kavramı baz alınarak yapılacak bir açıklamada işlem basamakları aşağıda sıralanmıştır:

- Paralel bağlı kollarda potansiyel farkın her kolda eşit olacağını;
- Her bir kolun toplam potansiyel farkının kollardaki lambalar tarafından eşit bir şekilde paylaşılacağını;
- En fazla potansiyel farkı değerine sahip lambanın A lambası, daha sonra B ve C en sonda D,E,F lambaları olduğunu (yani A lambasının potansiyel farkı değeri V ise, B ve C' nin ki birbirine eşit $V/2$ ve D,E,F lambalarının birbirlerine eşit $V/3$);

- Lambaların potansiyel farkı değerleriyle parlaklıkları arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu ve bu yüzden parlaklık sıralamasının $A>B=C>D=E=F$ olduğunun ifade edilmesi gerekmektedir.

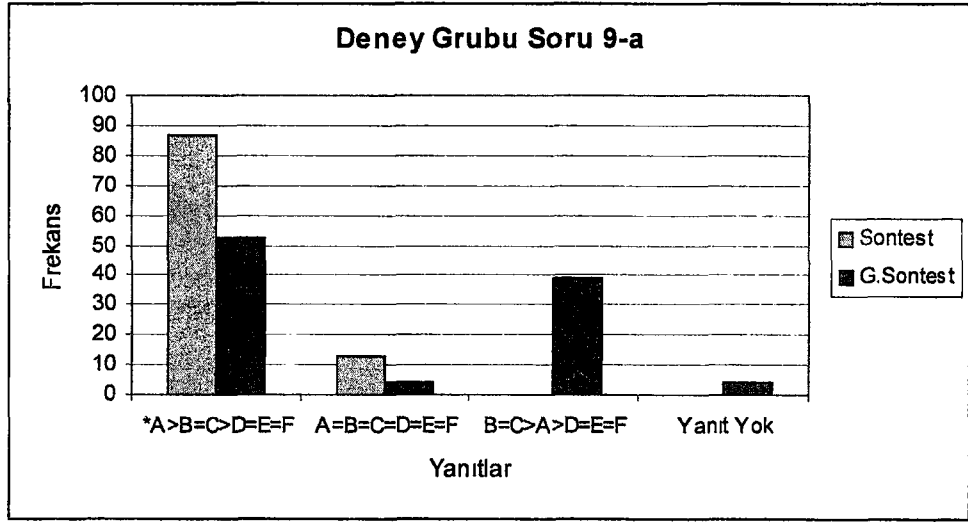
Sorunun b şikkında doğru seçenek ise A, D, E, F lambalarının parlaklığı değişmezdir. Bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamada:

- Pilin potansiyel farkının sabit olduğunun;
- İkinci şekilde de lambaların pile paralel olduklarından, potansiyel farkı değerlerinde bir değişiklik olmayacağından lambaların parlaklığının değişmeyeceğinin belirtilmesi gerekmektedir.

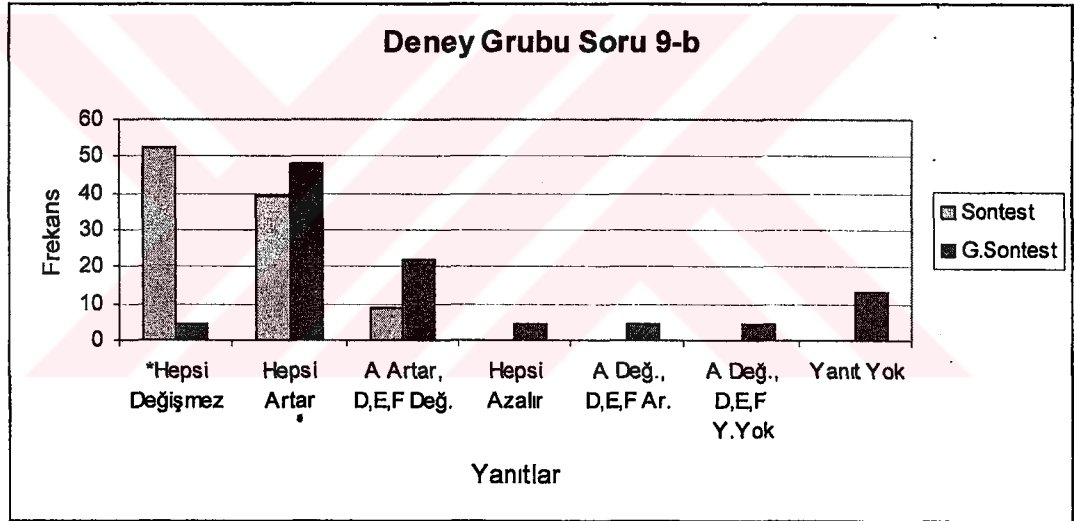
Deney grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri Tablo 5.41' de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.33 ve 5.34'te sunulmaktadır.

Tablo 5.41 Deney grubu öğrencilerinin 9. sorunun a ve b şıkları için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri

	Yanıtlar	Frekans (%)	
		Son test	Geciktirilmiş Son test
a	* $A>B=C>D=E=F$	86.9	52.2
	$A=B=C=D=E=F$	13	4.3
	$B=C>A>D=E=F$	-	39.1
	Yanıt Yok	-	4.3
	Toplam	99.9	99.9
b	*Hepsi Değişmez	52.2	4.3
	Hepsi Artar	39.1	47.8
	A Artar, D,E,F Değişmez	8.7	21.7
	Hepsi Azalır	-	4.3
	A Değişmez, D,E,F Artar	-	4.3
	A Değişmez, D,E,F İçin Yanıt Yok	-	4.3
	Yanıt Yok	-	13
	Toplam	100	99.7



Şekil 5.33 Deney grubu öğrencilerinin 9. soru-a için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.



Şekil 5.34 Deney grubu öğrencilerinin 9. soru-b için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.41 ve Şekil 5.33'te görüldüğü gibi, son testte öğrencilerin % 86.9'u doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekler içinde işaretlenen "A=B=C=D=E=F" şıkkının yüzdesi % 13'dür. Sınıfın büyük bir çoğunluğunun doğru cevabı işaretlemiş olması bize deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olduğunu göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise öğrencilerin % 52.2'si doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekleri işaretleme yüzdesi ise toplam % 47.7 olmuştur. Bu yanlış seçenekler içerisinde en fazla işaretlenen % 39.1 ile "B=C>A>D=E=F"

şikkı olmuştur. Son test ile kıyaslandığında geciktirilmiş son testte doğru cevabı işaretleme yüzdesi yaklaşık % 35 oranında düşme olduğu görülmektedir. Bu testte öğrencilerin doğru cevabı işaretleme yüzdesinin düşmesine rağmen öğrencilerin yarısından fazlasının doğru seçeneği işaretlemiş olması yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltmede başarılı olduğunu göstermektedir.

Her iki test sonuçlarına bakıldığında, deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bu sorunun a şikkında doğru cevaba yöneltme açısından etkili olduğu söylenebilir.

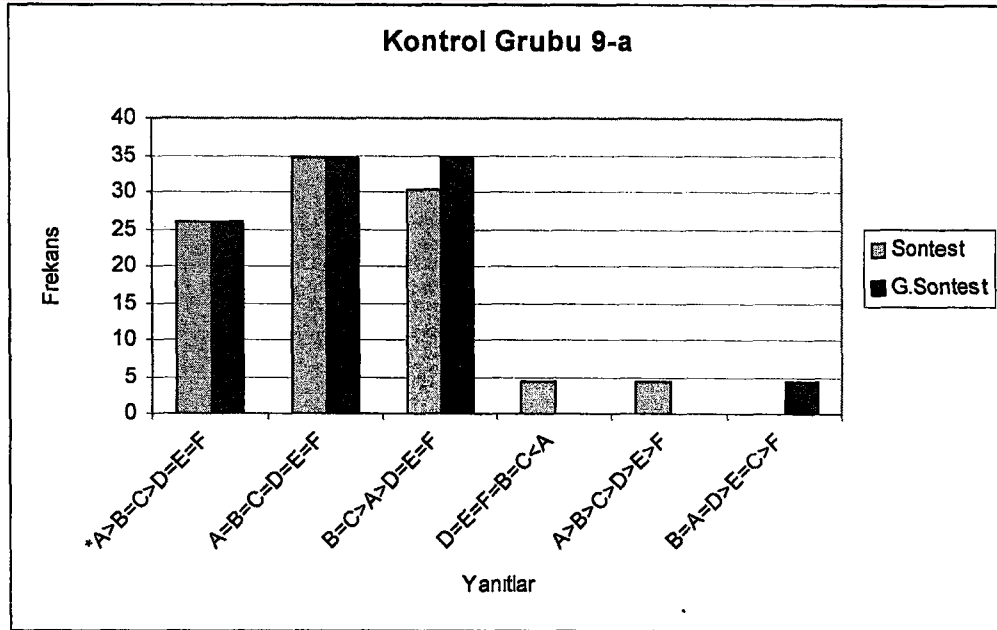
Tablo 5.41 ve Şekil 5.34'te görüldüğü gibi, son testte 9. sorunun b şikkında, öğrencilerin % 52.2'si "hepsi değişmez" doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekler içerisinde en fazla işaretlenen % 39.1 ile "hepsi artar" şikkı olmuştur. Sınıfın yarısını doğru cevabı işaretlemiş olması bize deney grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltmede kısmen de olsa başarılı olduğunu göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte öğrencilerin % 4.3'ü doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekler içerisinde en fazla işaretlenenler, % 47.8 ile "hepsi artar" ve % 21.7 ile "A Artar, D, E, F Değişmez" olmuştur. Öğrencilerin neredeyse hiçbirinin doğru seçeneği işaretlememiş olması yapılan öğretimin doğru seçeneğe yönlendirmede etkili olmadığını göstermektedir. Bu sonuç, öğrencilerin pilleri sabit akım kaynağı olarak düşündüklerini gösteren bir durum olarak ta görülebilir. Çünkü öğrencilerin çoğunlukla bu fikre dayalı olarak bu seçenekleri işaretledikleri söylenebilir.

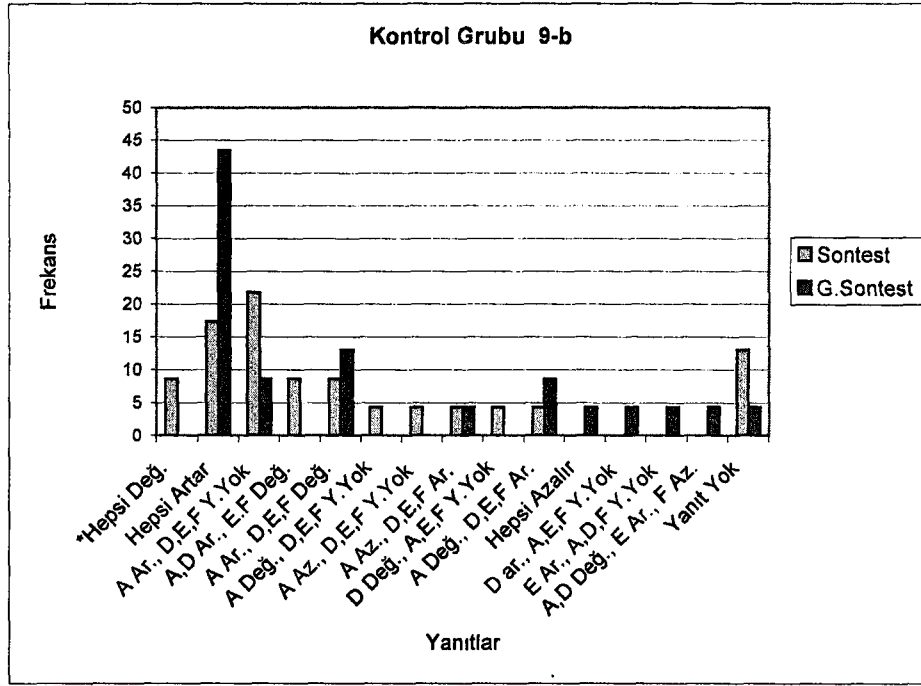
Kontrol grubunda bu sorudan elde edilen yanıtların yüzdeleri Tablo 5.42'de ve grafik olarak gösterimi ise Şekil 5.35 ve 5.36'da sunulmaktadır.

Tablo 5.42 Kontrol grubu öğrencilerinin 9. sorunun a ve b şıkları için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların yüzdeleri

	Yanıtlar	Frekans (%)	
		Son test	Geciktirilmiş Son test
a	*A>B=C>D=E=F	26.1	26.1
	A=B=C=D=E=F	34.8	34.8
	B=C>A>D=E=F	30.4	34.8
	D=E=F=B=C<A	4.3	-
	A>B>C>D>E>F	4.3	-
	B=A>D>E=C>F	-	4.3
	Toplam	99.9	100
b	*Hepsi Değişmez	8.7	-
	Hepsi Artar	17.4	43.5
	A Artar, D,E,F İçin Yanıt Yok	21.7	8.7
	A,D Artar, E,F Değişmez	8.7	-
	A Artar, D,E,F Değişmez	8.7	13
	A Değişmez, D,E,F İçin Yanıt Yok	4.3	-
	A Azalır, D,E,F İçin Yanıt Yok	4.3	-
	A Azalır, D,E,F Artar	4.3	4.3
	D Değişmez, A,E,F İçin Yanıt Yok	4.3	-
	A Değişmez, D,E,F Artar	4.3	8.7
	Hepsi Azalır	-	4.3
	D artar, A,E,F İçin Yanıt Yok	-	4.3
	E Artar, A,D,F İçin Yanıt Yok	-	4.3
	A,D Değişmez, E Artar, F Azalır	-	4.3
	Yanıt Yok	13	4.3
	Toplam	99.7	99.7



Şekil 5.35 Kontrol grubu öğrencilerinin 9. soru-a için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.



Şekil 5.36 Kontrol grubu öğrencilerinin 9. soru-b için son test ve geciktirilmiş son testte vermiş olduğu çoktan seçmeli yanıtların grafik gösterimi.

Tablo 5.42 ve Şekil 5.35’de görüldüğü gibi, son testte öğrencilerin % 26.1’i doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekler içinde işaretlenen % 34.8 ile “A=B=C=D=E=F” ve % 30.4 ile “B=C>A>D=E=F” olmuştur. Sınıfın üçte birinin doğru cevabı işaretlemiş olması bize kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olmadığını göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte ise yine öğrencilerin % 26.1’i doğru seçeneği işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekler içerisinde en fazla işaretlenenler % 34.8 ile “A=B=C=D=E=F” ve % 34.8 ile “B=C>A>D=E=F” olmuştur. Yanlış seçeneklerin dağılımı yine son testteki gibi olduğu görülmektedir. Bu testte öğrencilerin doğru cevabı işaretleme yüzdesinin son testteki gibi % 26.1 olması kontrol grubunda yapılan öğretimin bilginin kalıcılığı açısından başarılı olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.42 ve Şekil 5.36’da görüldüğü gibi, son testte 9. sorunun b şikkında, öğrencilerin % 8.7’si “hepsi değişmez” doğru seçeneğini işaretlemişlerdir. Yanlış seçenekler içerisinde en fazla işaretlenen % 17.4 ile “hepsi artar” ve “A Artar, D, E, F İçin Yanıt Yok” olmuştur. Sınıfın çok azının doğru cevabı işaretlemiş olması bize kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru cevaba yöneltme açısından başarılı olmadığını göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte öğrenciler içerisinde doğru seçeneği işaretleyen bulunmamaktadır. Yanlış seçenekler içerisinde en fazla işaretlenenler ise, % 43.5 ile “hepsi artar” ve % 13 ile “A Artar, D, E, F Değişmez” olmuştur. Öğrencilerin hiçbirinin doğru seçeneği işaretlememiş olması yapılan öğretimin doğru seçeneğe yönlendirmede etkili olmadığını göstermektedir.

Deney grubu öğrencilerinin 9. Soru-a’da yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.43’te sunulmaktadır.

Tablo 5.43 Deney grubu öğrencilerinin 9. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzey	Kategoriler	Frekans (%)	
		Son test	Geciktirilmiş son test
A	1 Paralel bağlı kollarında potansiyel farkın her kolda aynı olduğunu ve potansiyel farkın kollarındaki lambalar tarafından eşit bir şekilde paylaşıldığını ifd. ed. (parlaklık orantılıdır potansiyel farkı)	4.3	8.7
A	2 Paralel bağlı kollarında akımın kollara ayrıldığını ve lamba sayısı (toplam direnç) ile akım arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler.	26.1	21.7
B	1 Paralel bağlı kollarında lamba sayısı ile parlaklık arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler.	30.4	17.4
D	1 Paralel bağlı kollarında direncin büyük olduğu koldan daha fazla akım akım geçeceğini ifade edenler	4.3	-
D	2 Paralel bağlı kollarında, her bir kola aynı (eşit) akımın gideceğini ve bu yüzden de lambaların parlaklıklarının eşit olacağını ifade edenler.	13	-
D	3 Paralel olduğu için bütün lambaları eşit yanacağını ifd. ed.	-	4.3
D	4 Akımın her bağlantı noktasında ikiye ayrıldığını ve bu yüzden de pile yakın olan lambaların daha parlak yanacağını ifd. ed.	-	8.7
D	5 Paralel bağlı kollarında akımın kollara eşit bir şekilde dağıldığını ve akımın lambalar tarafından paylaşıldığını ifd.ed.	4.3	4.3
E	1 Pile yakın olan lambaların daha parlak yanacağını ifd. ed.	-	8.7
F	Kodlanamayan	4.3	4.3
G	Açıklama yok	13	21.7
	Toplam	99.7	99.8

Tablo 5.43'te de görüldüğü gibi, sorunun a şikkında, son testte öğrencilerin toplam % 60.8'i bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Yanlış açıklama yüzdelerinin toplamı ise % 21.7 olmuştur. Yanlış açıklamalar içerisinde en fazla yüzdeye sahip kategori % 13 ile "Paralel bağlı kollarda, her bir kola aynı (eşit) akımın gideceğini ve bu yüzden de lambaların parlaklıklarının eşit olacağını ifade edenler" olmuştur. Genel olarak bakıldığında, son testte öğrencilerin yaklaşık üçte ikisinin bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamaları yapmış olmaları deney grubunda yapılan öğretimin başarılı olduğu söylenebilir.

Geciktirilmiş son testte öğrencilerin toplam % 47.8'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Bu kategorilerin ilk ikisinin tam doğru, üçüncünün ise kısmen doğru yanıt kategorisi içerisinde yer aldığı gözükmektedir. Yanlış açıklama yüzdelerinin toplamı ise % 26 olmuştur. Yanlış açıklamalar içerisinde en fazla yüzdeye sahip kategoriler % 8.6 ile "Pile yakın olan lambaların daha parlak yanacağını ifd. ed." ve "Akımın her bağlantı noktasında ikiye ayrıldığını ve bu yüzden de pile yakın olan lambaların daha parlak yanacağını ifade edenler" olmuştur.

Deney grubu öğrencilerinin 9. Soru-b' de yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.44'te sunulmaktadır.

Tablo 5.44 Deney grubu öğrencilerinin 9. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri.

Düzyer	Kategoriler	Frekans (%)	
		Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Pilin potansiyel farkının sabit olduğunu ve kollar birbirine paralel olduğundan lambaların parlaklığının değişmeyeceğini ifd. ed.	34.8	-
C	¹ Yapılan değişiklik sonucunda devrede direncinin azalacağını bunun sonucunda akımın ve lambaların parlaklığının artacağını ifd. ed.	-	8.7
D	¹ Devrede yapılan değişiklik sonucunda pilin devreye verdiği akımın değişmediğini ve bu durumda akımın üçe ayrılacağına ikiye ayrıldığını ifade edenler (sabit akım kaynağı).	34.8	34.8
D	² B ve C lambası A lambasına yakın olduğu için çıkartıldığında A lambasının potansiyel farkının yükseleceğini ve değişimden D,E,F lambalarının etkilenmeyeceğini ifade edenler.	4.3	-
D	³ Devrede yapılan değişiklik sonucunda akımın yarıya ineceğini ifd. ed.	4.3	-
D	⁴ Devrede lamba sayısı azaldığı için parlaklığın artacağını ifd. ed.	4.3	8.7
F	Kodlanamayan	8.7	17.4
G	Açıklama yok	8.7	30.4
	Toplam	99.9	100

Tablo 5.44'te da görüldüğü gibi, sorunun b şıkında, son testte öğrencilerin % 34.8'i bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Öğrencilerin toplam % 47.7'si yanlış açıklamaları yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalar içerisinde en fazla yüzdeye sahip kategori % 34.8 ile "devrede yapılan değişiklik sonucunda pilin devreye verdiği akımın değişmediğini ve bu durumda akımın üçe ayrılacağına ikiye ayrıldığını ifd. ed. (sabit akım kaynağı)" olmuştur.

Geciktirilmiş son testte öğrencilerin hiçbiri doğru açıklamayı yapamamışlardır. Pillerin sabit akım kaynağı olduğuyla ilgili fikir bu testte yine aynı oranda olduğu (%34.8) görülmektedir. Ayrıca bu testte öğrencilerin % 30.4'ünün açıklama yapmadıkları ve % 17.4'ünün ise yaptıkları açıklamaların kodlanamadıkları görülmektedir. Pillerin sabit akım kaynağı olduğu fikrini öğretim sonrasında 4. soruya ek olarak farklı bir soru formatında 9-b' de tekrar test etmek amacıyla sorulan bu soruda görülüyor ki, öğrenciler bu fikirlerinde ısrarcıdır.

9. soruda deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları ($p=0.01$) son test lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçtan, deney grubunda yapılan öğretimin bilginin kalıcılığı açısından etkili olmadığı söylenebilir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 9. Soru-a’da yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.45’ de sunulmaktadır.

Tablo 5.45 Kontrol grubu öğrencilerinin 9. sorunun a şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düze y	Kategoriler	Frekans (%)	
		Son test	Geciktirilmiş son test
A	¹ Paralel bağlı kolları akımın kolları ayrıldığını ve lamba sayısı (toplam direnç) ile akım arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ifd. ed.	4.3	-
B	¹ Paralel bağlı kolları lamba sayısı ile parlaklık arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ifade edenler.	13	4.3
C	¹ Paralel bağlı kolları, her bir kola aynı (eşit) akımın gideceğini ve bu yüzden de lambaların parlaklıklarının eşit olacağını ifade edenler.	-	4.3
C	² Paralel olduğu için bütün lambaları eşit yanacağını ifade edenler.	4.3	-
D	¹ Gücün bütün lambalara eşit gideceğini ifade edenler.	4.3	-
D	² Paralel bağlı kolları akımın kolları eşit bir şekilde dağıldığını ve akımın lambalar tarafından paylaşıldığını ifade edenler.	4.3	8.7
D	³ Akımın her bağlantı noktasında ikiye ayrıldığını ve bu yüzden de pile yakın olan lambaların daha parlak yanacağını ifade edenler.	4.3	-
D	⁴ Akımın pile yakın olan lambalara önce geleceğini ve azalarak diğerlerine gideceğini ifade edenler.	8.7	8.7
D	⁵ Paralel bağlı kolları akımın eşit olduğunu ve akımların bu kolları her lamba üzerinden geçtikçe azalacağını ifade edenler.	-	4.3
E	¹ Lambalar özdeş olduğu için parlaklıklarının eşit olduğunu ifd. ed.	17.4	21.7
F	Kodlanamayan	21.7	26.1
G	Açıklama yok	17.4	21.7
	Toplam	99.7	99.8

Tablo 5.45’te da görüldüğü gibi, sorunun a şıkında, son testte öğrencilerin toplam % 17.4’ü bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Yanlış açıklama yüzdelerinin toplamı ise % 43.3’dür. Yanlış açıklamalar içerisinde en fazla yüzdeye sahip kategoriler % 17.4 ile “lambalar özdeş olduğu için parlaklıklar eşittir” ve % 8.7 ile “Akım pile yakın olan lambalara önce gelir ve azalarak diğerlerine gider” olmuştur.

Geciktirilmiş son testte öğrencilerin % 4.3’ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Yanlış açıklama yüzdelerinin toplamı ise, % 47.7’dir. Yanlış açıklamalar içerisinde en fazla yüzdeye sahip kategoriler % 21.7, ile

“lambalar özdeş olduğu için parlaklıkları eşittir” ve % 8.7 ile “Akım pile yakın olan lambalara önce gelir ve azalarak diğerlerine gider” ve “Paralel bağlı kollarda akım kollara eşit bir şekilde dağılır ve akım lambalar tarafından paylaşılır” olmuştur. Genel olarak bakıldığında, son test ve geciktirilmiş son testte doğru açıklama yüzdelerinin oldukça düşük olması, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığı söylenebilir.

Kontrol grubu öğrencilerinin 9. Soru-b’ de yaptıkları açıklamalardan oluşturulan yanıt kategorilerinin son test ve geciktirilmiş son testteki yüzdeleri Tablo 5.46’da sunulmaktadır.



Tablo 5.46 Kontrol grubu öğrencilerinin 9. sorunun b şıkında yaptıkları açıklamalar için oluşturulan yanıt kategorilerinin yüzdeleri

Düzyey	Kategoriler	Frekans (%)	
		Son test	Geciktirilmiş son test
B	¹ Lamba sayısının azaltılmasının lambaların parlaklığını etkilemeyeceğini ifade edenler.	4.3	-
C	¹ Değişiklikten sonra A lambasının devreye yine paralel olduğunu bu yüzden de parlaklığının değişmediğini ve D,E,F lambalarını ise devreye seri olduğunu bu yüzden de parlaklığının artacağını ifade edenler.	-	4.3
D	¹ Devrede yapılan değişiklik sonucunda pilin devreye verdiği akımın değişmediğini ve bu durumda akımın üçe ayrılacağına ikiye ayrıldığını ifade edenler (sabit akım kaynağı).	21.7	30.4
D	² Devrede lamba sayısı azaldığı için parlaklığın artacağını ifade edenler.	-	13
D	³ Değişiklikten sonra A lambasının devreye seri duruma geçtiğini ve bu yüzden parlaklığının arttığını ifade edenler.	4.3	-
D	⁴ Direnci az olan koldaki lambaların parlaklığını azalacağını, direnci fazla olan koldaki lambaların ise parlaklığının artacağını ifade edenler.	4.3	-
D	⁵ Değişiklikten sonra A lambasına daha fazla akım geleceğini, D;E,F lambalarına ise gelen akımın değişmeyeceğini ifd. ed.	-	13
D	⁶ Seri bağlı lambaların (D,E,F), paralel bağlı lambalara (A) göre daha parlak yanacağını ifade edenler.	-	4.3
D	⁷ Değişiklikten sonra akımın A lambasına daha çabuk gelmesinden dolayı parlaklığının artacağını ifade edenler.	4.3	8.7
E	¹ Değişiklikten sonra pile yakın olan lambanın daha fazla yanacağını ifade edenler.	13	4.3
F	Kodlanamayan	26.1	13
G	Açıklama yok	21.7	8.7
	Toplam	99.7	99.7

Tablo 5.46’da da görüldüğü gibi i, sorunun b şıkında, son testte öğrencilerin % 4.3’ü bilimsel olarak kabul edilebilecek açıklamayı yapmışlardır. Öğrencilerin toplam % 47.6’sı yanlış açıklamaları yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalar içerisinde en fazla yüzdeye sahip kategori % 21.7 ile “Devrede yapılan değişiklik sonucunda pilin devreye verdiği akım değişir ve bu durumda akım üçe ayrılacağına ikiye ayrılır. (sabit akım kaynağı)” ve % 13 ile “Değişiklikten sonra pile yakın olan lamban daha fazla yanar” diyenler olmuştur.

Geciktirilmiş son testte öğrencilerin hiçbiri doğru açıklamayı yapamamışlardır. Yanlış açıklamalar kategorisindeki ifadelerin yüzdesi toplam % 78'dir. Bu yanlış açıklamalar içerisinde en fazla yüzdeye sahip kategori % 30.4 ile, "Devrede yapılan değişiklik sonucunda pilin devreye verdiği akımın değişmediğini ve bu durumda akımın üçe ayrılacağına ikiye ayrıldığına ifd. ed. (sabit akım kaynağı)" ve % 13 ile "Devrede lamba sayısı azaldığı için parlaklık artar" ve "Değişiklikten sonra A lambasına daha fazla akım gelir, D, E, F lambalarına ise gelen akım değişmez" olmuştur. Bu testte pillerin sabit akım kaynağı olduğuyla ilgili fikrin yüzdesi arttığı görülmektedir.

9. soruda kontrol grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonuçları ($p=0.90$) iki test arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Bu istatistiksel sonuç, bilginin kalıcı olduğunu göstermesine rağmen bu sorunun her iki şıkkında da doğru açıklama yüzdesinin oldukça düşük olması kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri doğru açıklamayı yapmaya yönlendirmedi etkili olmadığını göstermektedir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son testten aldıkları puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p= 0.00$) deney grubu lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuca göre, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre kavramsal anlam açısından daha etkili olduğu söylenebilir. Geciktirilmiş son testten alınan puanlardan yapılan istatistiksel analiz sonucu ($p= 0.09$) bu testte iki grup arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçtan, bilginin kalıcılığı açısından her iki grupta da yapılan öğretimin etkili olmadığı söylenebilir.

Bu çalışmada öğretim sırasında dikkate alınan "piller sabit akım kaynağıdır (soru 4)", "akım devre elemanlarınca harcanır (soru 7)", "potansiyel farkı-akım-enerji kavramlarının birbiri yerine kullanılması (soru 6)", "pil sayısı arttıkça lambanın parlaklığı artar (soru 2)" ve "anahtar kapatıldığında bütün lambalar söner (soru 5)" alternatif fikirlerinin kavramsal değişimi ile ilgili olarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin durumlarını gösteren tablolar aşağıda sunulmaktadır. Bu tablolar, okuyucuya bu çalışmada öğretim sırasında ele alınan alternatif fikirlerin kavramsal değişimi ile ilgili genel bir bakış açısı sunmak amacıyla verilmiştir.

Tablo 5.47 Deney grubunda yer alan öğrencilerin öğretim sırasında dikkate alınan alternatif fikirler açısından kavramsal değişimi.

Deney Grubu	Alternatif Fikirler				
	Öğrenci numarası	Piller sabit akım kaynağıdır (soru 4)	Akımın harcanması (soru 7)	Potansiyel farkı-akım-enerji kavramlarının birbiri yerine kullanılması (soru 6)	Pil sayısı arttıkça lambanın parlaklığı artar (soru 2)
1	○	↓	↑	○	↑
2	○	↑	↑	↓	⇒
3	○	↓	↑	↓	○
4	○	⇒	↑	↓	⇒
5	○	↑	○	↑	↑
6	○	↑	↓	↑	↓
7	○	↓	↑	○	↑
8	○	↑	↑	○	⇒
9	○	↑	⇒	↓	↓
10	↓	⇒	↑	○	↑
11	↓	↑	↑	↑	↑
12	↗	↑	↓	↑	↑
13	○	⇒	↑	↑	↑
14	↓	↑	↗	↓	↓
15	○	↑	↑	↑	↑
16	○	○	○	○	○
17	↓	↓	⇒	↑	↑
18	○	↑	○	↑	↑
19	○	↑	↑	↑	↑
20	↓	↓	↓	↓	↑
21	○	⇒	↑	↓	↑
22	○	↓	↑	↑	↑
23	⇒	⇒	↑	⇒	↑

⇒ Her üç testte de A veya B düzeyinde kalan öğrenciler.

↑ Ön testte C,D,E,F,G düzeylerinden birinde iken, son test ve geciktirilmiş son test sonuçlarına göre A veya B düzeyinde kalıp kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştiren öğrenciler

↓ Ön testte C,D,E,F,G düzeylerinden birinde iken, son testte A veya B de olup geciktirilmiş son test te C,D,E,F,G düzeylerinden birine inerek kalıcı olmayan kavramsal değişimi gerçekleştiren öğrenciler

↗ Ön test ve Son testte C,D,E,F,G düzeyinde iken geciktirilmiş son test te A veya B düzeyine yükselen öğrenciler

○ Ön test, son test ve geciktirilmiş son testte C,D,E,F,G düzeylerinden birinde olan öğrenciler

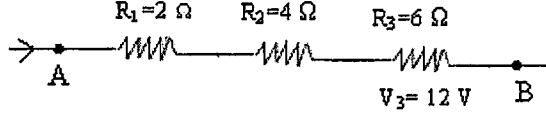
Tablo 5.48 Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin alternatif fikirlerle ilgili kavramsal değişimi.

Kontrol Grubu	Alternatif Fikirler				
	Öğrenci numarası	Piller sabit akım kaynağıdır (soru 4)	Akımın harcanması (soru 7)	Potansiyel farkı-akım-enerji kavramlarının birbiri yerine kullanılması (soru 6)	Pil sayısı arttıkça lambanın parlaklığı artar (soru 2)
1	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○
4	○	⇒	○	○	↑
5	○	↯	↓	○	○
6	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○
8	○	↯	○	○	○
9	○	○	○	↑	↓
10	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○
12	○	↓	○	○	○
13	○	↓	○	○	○
14	○	○	○	○	○
15	○	○	○	○	↑
16	○	↯	↯	○	○
17	○	⇒	○	↑	⇒
18	○	○	⇒	○	○
19	↓	○	○	○	↑
20	○	↓	○	○	↓
21	○	↑	○	○	○
22	○	↓	○	○	○
23	○	○	○	○	○

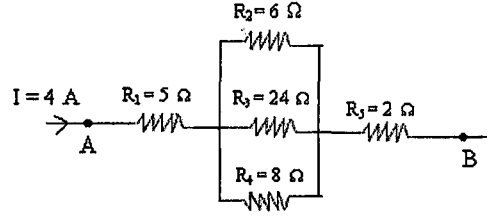
Her iki tabloda da görüldüğü gibi, deney grubunda “piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikri hariç diğer fikirlerde kalıcı kavramsal değişimin kısmen de olsa gerçekleştiği görülmektedir. Kontrol grubunda ise, kalıcı kavramsal değişim açısından yukarıda sıralanan alternatif fikirlerin değişiminde öğretmenin kendisinin her sene kullandığı geleneksel öğretim yönteminin (anlatma, soru-cevap) etkili olmadığı görülmektedir. Genel olarak bakıldığında, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre kavramsal değişim açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

10 ve 11. Sorular

10. Şekildeki R_3 direncinde ölçülen potansiyel farkı 12 V ise AB noktaları arasındaki potansiyel farkı nedir?



11. a) Şekildeki devrede eşdeğer direnci ve
b) AB noktaları arasındaki potansiyel farkını bulunuz?



Her iki grupta yapılan öğretimleri, uygulama öğretmeninin sene sonu sınavında sormayı düşündüğü sorular dikkate alınarak karşılaştırmak amacıyla, son test ve geciktirilmiş son testte yukarıda verilen 10 ve 11. sorular kullanılmıştır. Öğrencilerden bu soruların cevabını yazarken herhangi bir açıklama yapmaları istenmemiştir. Problem çözme etkinliği olarak da değerlendirilebilecek bu sorularda, öğrencilerden sorunun altından bırakılan boşluğa soruyu çözmeleri ve işlem basamaklarını anlaşılır bir şekilde yazmaları istenmiştir.

Her iki soruda da öncelikle araştırmacı, soruların doğru cevabını çıkararak cevapta yer alması gereken işlem basamaklarına göre sorudan alınacak puanları belirlemiştir.

Onuncu sorunun doğru cevabında olması gereken işlem basamakları aşağıda sunulmaktadır.

- $I = \frac{V_3}{R_3}$ den yararlanarak dirençler üzerinden geçen akımın bulunması (1 puan),
- Eşdeğer direnç, $R_{eş} = R_1 + R_2 + R_3$ formülünden yararlanarak bulunduktan sonra $V_{AB} = I \times R_{eş}$ den soruda istenilen V_{AB} potansiyel farkı bulunur (1 puan).

Soruyu yukarıdaki şekilde doğru cevaplayan öğrencilere 2 puan, basamaklardan birini doğru cevaplayan öğrencilere 1 puan, basamaklardan birini kısmen cevaplayanlara (örneğin sadece $R_{eş}$ ' i bulanlar) 0.5 puan verilmiştir.

Onbirinci sorunun doğru cevabında olması gereken işlem basamakları aşağıda sunulmaktadır.

- Paralel olan R_2 , R_3 ve R_4 dirençlerinin eşdeğerinin $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$

(0.5 puan) formülünden, ardından $R_{eş} = R_1 + R_p + R_5$ (0.5 puan) den devrenin eşdeğer direncinin bulunması (toplam 1 puan),

- $V_{AB} = I \times R_{eş}$ den soruda istenilen V_{AB} potansiyel farkının bulunması (1 puan).

Soruyu yukarıdaki şekilde doğru cevaplayan öğrencilere 2 puan, basamaklardan birini doğru cevaplayan öğrencilere 1 puan, basamaklardan birini kısmen cevaplayanlara (örneğin sadece R_p ' yi bulanlar) 0.5 puan verilmiştir.

Aşağıda tablo 5.49' da deney öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testte 10 ve 11. sorudan aldıkları puanlar görülmektedir. Soruyu cevaplayamayan öğrencilerin soruyu çözmeleri için bırakılan boşluğa yazdıkları hatırlamıyorum, bilmiyorum ve unuttum gibi ifadelerde tabloda yer almaktadır.

Tablo 5.49 Deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testte 10 ve 11. sorudan aldıkları puanlar.

Öğrenci numarası	Soru 10 – Alınan puan		Soru 11 – Alınan puan	
	Son test	Geciktirilmiş son test	Son test	Geciktirilmiş son test
1	0.5	0.5	2	1
2	0.5	0.5	2	-
3	2	-	2	-
4	2	1	2	-
5	0.5	0.5	-	-
6	2	-	0.5	1
7	-	-	2	-
9	1	-	2	1
10	2	1	2	0.5
11	2	0.5	2	-
12	0.5	-	2	-
13	2	- (hatırlamıyorum)	2	-
14	2	-	2	1
15	2	- (hatırlamıyorum)	2	1
16	0.5	-	1	0.5
17	2	2	-	-
18	2	-	1	0.5
19	0.5	-	1	1
20	0.5	- (hatırlamıyorum)	0.5	0.5
21	2	1	2	-
22	2	-	2	1
23	2	2	2	2
24	-	0.5	2	0.5
	Ort: 1.33	Ort: 0.41	Ort: 1.56	Ort: 0.50

Tablo 5.49’da görüldüğü gibi, son testte 10 ve 11. sorularda sınıf ortalaması sırasıyla 1.33 ve 1.56’dır. Her iki sorunun da 2 puan üzerinden değerlendiriliyor olması, bu ortalamaların iyi olduğunu gösteren bir durum olmuştur. Deney grubunda yapılan öğretimin, öğrencilerden cevaplarını nicel olarak vermelerinin istenildiği bu iki soruda son testte başarılı olduğunu göstermektedir.

Geciktirilmiş son testte 10 ve 11. sorularda sınıf ortalamasının yaklaşık olarak yarı yarıya azalması nicel bir sorunun doğru yanıtlanması açısından düşünüldüğünde, deney grubunda yapılan öğretimin kısmen de olsa etkili olmadığını göstermektedir.

Aşağıda Tablo 5.50’de kontrol öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testte 10 ve 11. sorudan aldıkları puanlar görülmektedir.

Tablo 5.50 Kontrol grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son testte 10 ve 11. sorudan aldıkları puanlar

Kontrol grubu -Öğrenci numarası	Soru 10 – Alınan puan		Soru 11 – Alınan puan	
	Son test	Geciktirilmiş son test	Son test	Geciktirilmiş son test
1	- (unuttum)	-	- (unuttum)	-
2	- (bilmiyorum)	-	- (bilmiyorum)	- (bilmiyorum)
3	-	-	-	-
4	0.5	0.5	-	0.5
5	-	-	-	-
6	- (bilmiyorum)	-	- (bilmiyorum)	- (bilmiyorum)
7	-	0.5	-	-
9	0.5	0.5	2	2
10	0.5	-	1	-
11	-	- (unuttum)	-	- (unuttum)
12	-	- (bilmiyorum)	- (bilmiyorum)	- (bilmiyorum)
13	-	- (hatırlamıyorum)	-	- (hatırlamıyorum)
14	-	-	-	-
15	-	- (hatırlamıyorum)	- (hatırlamıyorum)	-
16	0.5	0.5	-	-
17	- (bilmiyorum)	-	- (bilmiyorum)	-
18	1	-	-	-
19	-	-	-	-
20	-	-	-	-
21	0.5	-	0.5	-
22	-	-	-	-
23	0.5	-	-	-
24	-	-	-	-
	Ort: 0.14	Ort: 0.09	Ort: 0.15	Ort: 0.11

Tablo 5.50’de görüldüğü gibi, son testte 10 ve 11. sorularda sınıf ortalaması sırasıyla 0.14 ve 0.15, geciktirilmiş son testte ise 0.09 ve 0.11’dir. Her iki sorunun

da 2 puan üzerinden değerlendiriliyor olduğu düşünüldüğünden hem son testte hem de geciktirilmiş son testte sınıf ortalamasının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ortalamaların bu kadar düşük olması, kontrol grubunda yapılan öğretimin bu iki sorunun doğru yanıtlanmasında başarılı olmadığını göstermektedir. Bu iki soruda ortalamalar üzerinden bir karşılaştırma yapıldığında, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime kıyasla daha etkili olduğu görülmektedir.

Deney ve kontrol gruplarının 10. sorudan elde ettikleri puanlardan hesaplanan istatistiksel analiz sonuçları son test ($p= 0.00$) ve geciktirilmiş son testte (0.03) deney grubu lehine anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu istatistiksel sonuçlardan, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre soruyu doğru bir şekilde cevaplamada daha etkili olduğu söylenebilir. Benzer bir durum 11. soruda da mevcuttur. Çünkü son test ($p= 0.00$) ve geciktirilmiş son testte ($p= 0.00$) deney grubu lehine anlamlı farklar çıkmıştır.

5.2 Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırmalar

Bu kısımda, öğrencilerin her bir testten aldıkları puanlara göre deney ve kontrol grubunda yapılan öğretimlerin kavramsal anlama ve bilginin kalıcılığı açısından karşılaştırılmasını içeren istatistiksel analizler ve bu analizlerle ilgili yorumlar verilmektedir. Bu analiz ve yorumlar, araştırma sorularından 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10'a yanıt niteliğindedir.

Tablo 5.51 ve 5.52'de deney ve kontrol grubu öğrencilerinin her bir testten aldıkları puanlar verilmektedir. Bu tablolar okuyucuya öğrencilerin kavramsal gelişimleri ile ilgili genel bir fikir vermek amacıyla sunulmaktadır.

Tablo 5.51 Deney grubu öğrencilerinin her üç testten aldıkları puanlar

Öğrenci No.	Ön test	Son test	Gec. Son test
1	1.92	5.08	3.83
2	3.17	4.58	4.50
3	1.67	4.67	2.50
4	3.33	4.92	3.33
5	2.08	4.00	2.92
6	2.58	5.33	4.33
7	1.58	5.17	4.67
8	3.42	4.75	4.58
9	3.25	4.75	4.50
10	2.92	5.33	5.17
11	3.33	5.83	5.08
12	2.50	5.00	5.00
13	2.67	5.08	4.50
14	1.67	5.25	3.83
15	3.00	5.08	4.67
16	1.33	3.25	2.58
17	3.33	4.92	4.75
18	3.08	5.08	5.17
19	1.33	5.50	5.08
20	2.17	4.83	3.17
21	2.33	5.42	5.08
22	2.83	5.67	3.58
23	4.00	5.92	6.00

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü üzere deney grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son test sonuçları ön test sonuçlarına oranla bir hayli yüksektir. Yukarıda tabloda verilen öğrenci puanları, deney grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama ve değişim açısından etkili olduğunu gösteren genel bir durum arz etmektedir.

Tablo 5.52 Kontrol grubu öğrencilerinin her üç testten aldıkları puanlar

Öğrenci No.	Ön test	Son test	Gec. Son test
1	3.08	3.50	3.33
2	2.50	1.92	2.50
3	2.33	2.17	2.83
4	3.5	3.17	3.58
5	2.25	2.67	2.92
6	2.00	1.92	1.58
7	3.42	2.58	3.08
8	2.50	3.00	1.83
9	2.67	3.08	3.25
10	2.33	2.75	2.08
11	1.33	3.25	2.08
12	2.08	3.00	2.75
13	2.50	3.17	2.58
14	1.50	1.42	1.92
15	2.50	2.92	3.17
16	2.00	1.75	3.17
17	4.25	4.17	4.00
18	3.17	2.92	3.08
19	3.08	3.67	3.25
20	2.58	3.08	2.58
21	2.33	2.42	2.92
22	1.83	2.50	2.25
23	2.42	2.92	2.25

Tablo 5.52’de de görüldüğü gibi, kontrol grubu öğrencilerinin son test ve geciktirilmiş son test sonuçlarının ön test sonuçlarına oranla fazla bir değişikliğe uğramamıştır. Yukarıda tabloda verilen öğrenci puanları, kontrol grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama ve değişim açısından etkili olmadığını gösteren genel bir durum arz etmektedir.

Araştırma sorularından 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10’a yanıt verebilmek amacıyla yapılan istatistiksel işlemler ve yorumlar aşağıda sunulmaktadır.

1. “Deney grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ön test puanları ile kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklindeki araştırma sorusuna yanıt verebilmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler ve bu analiz sonuçlarıyla ilgili yorumlar aşağıda sunulmaktadır.

Deney uygulamasına katılan öğrencilerin deney öncesi ve sonrası kavramsal anlama puanlarının anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları Tablo 5.53’te verilmiştir.

Tablo 5.53 Deney Öncesi ve Sonrası Kavramsal Anlama Testi Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları.

Son test-Ön test	n	Sıra Ort.	Sıra Top.	z	p
Negatif Sıra	-	-	-	4.20*	.00
Pozitif Sıra	23	12.00	276.00		
Eşit	-	-			

* Negatif Sıralar Temelinde

Analiz sonuçları, deney uygulamasına katılan öğrencilerin kavramsal anlama ön test ve son testten aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir ($z = 4.20$, $p < .05$). Fark puanlarının sıra toplamları dikkate alındığında bu farkın negatif sıralar yani son test lehine olduğu görülmektedir. Bu bulgu, deney grubunda uygulanan öğretimin kavramsal anlamada önemli bir etki yarattığını göstermektedir.

2. “Deney grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama son test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklindeki araştırma sorusuna yanıt verebilmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler ve bu analiz sonuçlarıyla ilgili yorumlar aşağıda sunulmaktadır.

Deney uygulamasına katılan öğrencilerin deney sonrasında ve deney uygulamasından 5.5 ay sonra uygulanan kavramsal anlama test puanlarının anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları Tablo 5.54’te verilmiştir.

Tablo 5.54 Deney Grubunun Kavramsal Anlama Son test ve Geciktirilmiş Son test Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

G.son test-son test	n	Sıra Ort.	Sıra Top.	z	p
Negatif Sıra	20	12.43	248.50	3.96*	.00
Pozitif Sıra	2	2.25	4.50		
Eşit	1				

* Pozitif Sıralar Temelinde

Tablo 5.54’te sunulan analiz sonuçları incelendiğinde deney uygulamasına katılan öğrencilerin son test ile geciktirilmiş son test kavramsal anlama puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir ($z = 3.96, p < .05$). Fark puanlarının sıra toplamları dikkate alındığında, bu farkın pozitif sıralar temel alındığında son test lehine olduğu görülmektedir. Bu bulgu, deney grubunda uygulanan öğretimin bilginin kalıcılığı açısından kavramsal anlamada önemli bir etki yaratmadığını göstermektedir.

3. “Deney grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ön test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklindeki araştırma sorusuna yanıt verebilmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler ve bu analiz sonuçlarıyla ilgili yorumlar aşağıda sunulmaktadır.

Deney uygulamasına katılan öğrencilerin ön test ve geciktirilmiş son test kavramsal anlama puanlarının anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları Tablo 5.55’de verilmiştir.

Tablo 5.55 Deney Grubunun Kavramsal Anlama Ön test ve Geciktirilmiş Son test Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

G.son test-ön test	n	Sıra Ort.	Sıra Top.	z	p
Negatif Sıra	-	-	-	4.11*	.00
Pozitif Sıra	22	11.50	253.00		
Eşit	1	-			

* Negatif Sıralar Temelinde

Analiz sonuçları, deney uygulamasına katılan öğrencilerin kavramsal anlama ön test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir ($z = 4.11, p < .05$). Fark puanlarının sıra toplamları dikkate alındığında bu farkın negatif sıralar yani geciktirilmiş son test lehine olduğu görülmektedir. Bu bulgu, deney grubunda uygulanan öğretimin zaman değişkeni açısından düşünüldüğünde diğer bir anlatımla öğretimden 5.5 ay sonra bile ön teste kıyasla öğretimin kavramsal anlamada önemli bir etki yarattığını göstermektedir.

Bir önceki analiz sonucunda, öğrencilerin geciktirilmiş son test puanlarının son test puanlarından istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde düşük olduğu görülmektedir. Kavramsal anlama testinin, öğretimden 5.5 ay sonra tekrar uygulanması ve bu süre içinde öğrencilerin çok az bir öğrenme yaşantısında bulunması dikkate alındığında bilginin kısmen de olsa kalıcı olduğu söylenebilir. Bunun yanında, öğrencilerin öğrenme yaşantılarının hemen sonrasında yapılan ölçümde kavramsal anlama düzeylerinin yüksek olması ve öğretimden 5.5 ay sonra ise son test ölçümlerine kıyasla düşüş göstermesi olası bir durum olarak görülebilir.

4. “Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ön test puanları ile kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklindeki araştırma sorusuna yanıt verebilmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler ve bu analiz sonuçlarıyla ilgili yorumlar aşağıda sunulmaktadır

Kontrol sınıfından bulunan öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrası kavramsal anlama puanlarının anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları Tablo 5.56’da verilmiştir.

Tablo 5.56 Kontrol Grubunun Öğretim Öncesi ve Sonrası Kavramsal Anlama Testi Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

Son test-Ön test	N	Sıra Ort.	Sıra Top.	z	p
Negatif Sıra	8	8.31	66.50	1.95*	.051
Pozitif Sıra	14	13.32	186.50		
Eşit	1				

* Negatif Sıralar Temelinde

Analiz sonuçları, kontrol grubunda öğretime katılan öğrencilerin kavramsal anlama ön test ve son testten aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farkın olmadığını ($z = 1.95$, $p > .05$) göstermektedir. Bu bulgu, kontrol grubunda uygulanan öğretimin kavramsal anlamada etkili olmadığını göstermektedir.

5. “Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama son test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var

mıdır?” şeklindeki araştırma sorusuna yanıt verebilmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler ve bu analiz sonuçlarıyla ilgili yorumlar aşağıda sunulmaktadır

Kontrol sınıfında bulunan öğrencilerin son test ve geciktirilmiş son test puanlarının anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları Tablo 5.57’de verilmiştir.

Tablo 5.57 Kontrol Grubunun Kavramsal Anlama Son test ve Geciktirilmiş Son test Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

G.son test-Son test	N	Sıra Ort.	Sıra Top.	Z	p
Negatif Sıra	13	12.12	157.50	.59*	.55
Pozitif Sıra	10	11.85	118.50		
Eşit	-				

* Pozitif Sıralar Temelinde

Analiz sonuçları, kontrol grubunda öğretime katılan öğrencilerin son test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farkın olmadığını ($z = .59, p > .05$) göstermektedir.

6. “Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ön test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklindeki araştırma sorusuna yanıt verebilmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler ve bu analiz sonuçlarıyla ilgili yorumlar aşağıda sunulmaktadır.

Kontrol sınıfında bulunan öğrencilerin ön test ve geciktirilmiş son test puanlarının anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları Tablo 5.58’de verilmiştir.

Tablo 5.58 Kontrol Grubunun Kavramsal Anlama Ön test ve Geciktirilmiş Son test Puanlarının Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi Sonuçları

G.son test-Ön test	N	Sıra Ort.	Sıra Top.	Z	p
Negatif Sıra	8	8.13	157.50	1.76*	0.079
Pozitif Sıra	13	12.77	118.50		
Eşit					

* Negatif Sıralar Temelinde

Analiz sonuçları, kontrol grubunda öğretime katılan öğrencilerin ön test ve geciktirilmiş son testten aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farkın olmadığını ($z = 1.76, p > .05$) göstermektedir. Tablo 5.56, Tablo 5.57 ve Tablo 5.58’de yer alan bulgular birlikte değerlendirildiğinde, kontrol grubunda uygulanan öğretimin son test uygulamasında kavramsal anlamada önemli bir etki yaratmaması ve bu durumun 5.5 sonra da devam etmesi öğretimin etkili olmadığını önemli kanıtları olarak görülebilir.

7. “Deney ve kontrol gruplarının kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklindeki araştırma sorusuna yanıt verebilmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler ve bu analiz sonuçlarıyla ilgili yorumlar aşağıda sunulmaktadır.

Deney uygulamasına katılan öğrenciler ile kontrol grubundaki öğrencilerin son test puanlarının Mann Whitney U-Testi sonuçları Tablo 5.59’da verilmiştir.

Tablo 5.59 Kavramsal Anlama Son test Puanlarının Deney ve Kontrol Gruplarına göre Mann Whitney U-Testi Sonuçları

Grup	n	Sıra Ort.	Sıra Top.	U	p
Deney	23	34.80	800.50	4.50	.00*
Kontrol	23	12.20	280.50		

* $p < .05$

Tablo 5.59’daki analiz sonuçları incelendiğinde, 5 haftalık bir öğretim sonunda deney ve kontrol grubun da yer alan öğrencilerin kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur ($U = 4.50, p < .05$). Sıra ortalamaları dikkate alındığında deney grubundaki öğrencilerin son test puanlarının, kontrol grubundaki öğrencilerin son test puanlarına göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgu, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre kavramsal anlama açısından daha etkili olduğunu göstermektedir.

8. “Deney ve kontrol gruplarının kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?” şeklindeki araştırma sorusuna yanıt

verebilmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler ve bu analiz sonuçlarıyla ilgili yorumlar aşağıda sunulmaktadır.

Deney uygulamasına katılan öğrenciler ile kontrol grubundaki öğrencilerin geciktirilmiş son test puanlarının Mann Whitney U-Testi sonuçları Tablo 5.60'da verilmiştir.

Tablo 5.60 Kavramsal Anlama Geciktirilmiş Son test Puanlarının Deney ve Kontrol Gruplarına göre Mann Whitney U-Testi Sonuçları

Grup	n	Sıra Ort.	Sıra Top.	U	p
Deney	23	32.96	758.00	47	.00*
Kontrol	23	14.04	323.00		

*p<.05

Tablo 5.60'daki analiz sonuçları incelendiğinde, öğretimden 5.5 ay sonra deney ve kontrol grubun da yer alan öğrencilerin kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur ($U = 47, p < .05$). Sıra ortalamaları dikkate alındığında deney grubundaki öğrencilerin geciktirilmiş son test puanlarının, kontrol grubundaki öğrencilerin geciktirilmiş son test puanlarına göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgu, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre bilginin kalıcılığı açısından daha etkili olduğunu göstermektedir.

Yukarıda tablolar halinde sunulan istatistiksel analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; deney grubunda öğrencilerin son test puanlarının ön test puanlarından anlamlı bir biçimde farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu durum, deney grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama açısından etkili olduğunu göstermektedir. Geciktirilmiş son test ile son test arasında da, son test lehine anlamlı bir fark çıkmıştır. Bu durum, deney grubunda yapılan öğretimin bilginin kalıcılığı açısından başarısız olduğunu gösteren bir sonuçtur. İlk bakışta deney grubunda yapılan öğretimin etkili olmadığını gösteren bu duruma karşın, geciktirilmiş son test ve ön test puanları ile yapılan istatistiksel analizler sonucunda geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir fark çıkması, öğretimden 5.5 ay sonra öğrencilerin kazandıkları bilgiyi kısmende olsa unutmadıklarını göstermektedir.

Kontrol grubunda ise ön test, son test ve geciktirilmiş son test puanları ile ilgili olarak yapılan analizler sonucunda bu testler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık çıkmamıştır. Öğretim öncesinde ön test puanlarında istatistiksel olarak aralarında anlamlı bir fark olmayan deney ve kontrol grupları beş haftalık bir öğretimden sonra yapılan son testlerde aralarında kavramsal anlama açısından deney grubu lehine anlamlı farklar ortaya çıkmıştır. Bu sonuç, deney grubunda yapılan öğretimin kavramsal anlama açısından kontrol grubunda yapılan öğretime göre daha başarılı olduğunu göstermektedir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilindiği gibi çalışmamızın amacı, lise I. sınıf fizik dersi programında yer alan "Madde ve Elektrik" ünitesindeki "Basit Elektrik Devreleri" konusu ile ilgili olarak öğrencilerin öğretim öncesi görüşlerini belirlemek ve bu belirlenen görüşler ışığında tasarlanan ve uygulanan öğretim stratejisinin kavramsal değişime ve anlamaya olan katkılarını incelemektir. Bu bölümde, bir önceki bölümde sunulan öncelikle bulgulardan elde edilen genel sonuçlar ve ardından bu sonuçlara dayalı olarak, burada yapılan çalışma ve ileriki zamanlarda yapılacak çalışmalara yönelik önerilere yer verilmektedir.

6.1 Sonuçlar

Öncelikle, genel bir özet sunmak amacıyla ön test, son test ve geciktirilmiş son testte yer alan sorularda deney ile kontrol gruplarının doğru ve yanlış açıklama yüzdeleri Tablo 6.1'de verilmektedir. Bu tablo, okuyucuya her üç testte yer alan sorularda (1, 10 ve 11 hariç) bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklama yüzdeleri açısından iki grubun genel bir karşılaştırılması imkanını sunmaktadır.

Tablo 6.1 Deney ve kontrol gruplarının sorulara göre doğru ve yanlış açıklamaların yüzdeleri.

Soru Numarası	Ön Test						Son Test						Geciktirilmiş Son Test							
	Deney Grubu		Kontrol Grubu		Deney Grubu		Kontrol Grubu		Deney Grubu		Kontrol Grubu		Deney Grubu		Kontrol Grubu		Deney Grubu		Kontrol Grubu	
	Doğru (%)	Yanlış (%)	Doğru (%)	Yanlış (%)	Doğru (%)	Yanlış (%)	Doğru (%)	Yanlış (%)	Doğru (%)	Yanlış (%)	Doğru (%)	Yanlış (%)	Doğru (%)	Yanlış (%)	Doğru (%)	Yanlış (%)	Doğru (%)	Yanlış (%)	Doğru (%)	Yanlış (%)
2	4.3	86.9	-	95.6	78.3	21.6	8.7	82.5	43.4	47.6	8.7	69.5								
3-a	4.3	65.1	8.7	73.7	69.6	30.4	-	78.2	43.5	43.3	-	78.2								
3-b	4.3	65.1	-	73.7	69.6	30.4	-	73.9	39.1	47.7	-	78.2								
3-c	-	60.7	-	73.8	69.6	30.4	8.7	78.2	43.5	43.3	4.3	73.8								
3-d	-	60.8	4.3	82.4	69.6	30.4	-	86.9	39.1	47.7	-	82.5								
4	-	86.9	-	73.8	26.1	73.8	4.3	86.8	8.6	87	-	73.8								
5-a	13	65	4.3	60.7	91.3	8.7	26	56.5	78.2	13	17.3	65.2								
5-b	-	91.1	4.3	78.2	60.9	39.1	-	82.4	47.8	43.3	4.3	78.1								
6-I	8.7	56.3	8.7	56.4	82.6	17.3	8.7	65.1	73.9	21.7	8.7	65.1								
6-II	8.7	65.1	8.7	51.9	60.8	38.9	4.3	47.7	65.2	30.2	8.7	60.6								
7	26	52.1	8.6	69.4	95.7	4.3	30.4	47.7	69.5	21.7	26.1	56.4								
8	4.3	47.5	-	43.3	73.9	21.6	-	52.1	60.9	17.2	-	60.7								
9-a					60.8	21.6	17.3	43.3	47.8	26	4.3	47.7								
9-b					34.8	47.7	4.3	47.6	-	52.2	-	78								

Tablo 6.1’de, ön testte deney ve kontrol gruplarının doğru ve yanlış açıklama yüzdeleri birbirine oldukça yakın iken, öğretim sonrası son ve geciktirilmiş son testte neredeyse bütün sorularda deney grubunun doğru açıklama yüzdesinin kontrol grubundakine göre çok daha fazla arttığı görülmektedir. Deney grubunda sadece 4 ve 9-b sorularında doğru açıklama yüzdesinde belirgin bir artış olmamasına rağmen, kontrol grubunda neredeyse hiçbir soruda doğru açıklama yüzdesinde belirgin bir artış görülmemiştir. Sonuç olarak, öğrencileri doğru açıklama yapmaya yöneltme açısından düşünüldüğünde deney grubunda yapılan öğretim kontrol grubunda yapılan öğretime göre çok daha etkili olmuştur.

3-10. araştırma sorularına yanıt aramak için yapılan grup içi ve gruplar arası istatistiksel analiz sonuç ve yorumları kısaca aşağıda Tablo 6.2’de sunulmaktadır.

Tablo 6.2 Grup İçi ve Gruplar Arası İstatistiksel Sonuçlar ve Yorumları.

Araştırma Sorusu	İstatistiksel Sonuç	Yorum
3. Deney grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ön test puanları ile kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?	$z= 4.20$ $p= 0.00$	Son test lehine anlamlı bir fark vardır
4. Deney grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama son test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?	$z= 3.96$ $p= 0.00$	Son test lehine anlamlı bir fark vardır
5. Deney grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ön test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?	$z= 4.11$ $p= 0.00$	Geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir fark vardır
6. Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ön test puanları ile kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?	$z= 1.95$ $p= 0.051$	Anlamlı bir fark yoktur
7. Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama son test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?	$z= 0.59$ $p= 0.55$	Anlamlı bir fark yoktur
8. Kontrol grubunda yer alan öğrencilerin kavramsal anlama ön test puanları ile kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?	$z= 1.76$ $p= 0.08$	Anlamlı bir fark yoktur
9. Deney ve kontrol gruplarının kavramsal anlama son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?	$U= 4.50$ $p= 0.00$	Deney grubu lehine anlamlı bir fark vardır.
10. Deney ve kontrol gruplarının kavramsal anlama geciktirilmiş son test puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır?	$U= 47$ $p= 0.00$	Deney grubu lehine anlamlı bir fark vardır.

Tablo 6.2' de görüldüğü gibi, deney grubunda ön ile son testlerde son test, ön ile geciktirilmiş son testlerde geciktirilmiş son test ve son ile geciktirilmiş son testlerde son test lehine anlamlı farklar çıkmıştır. Kontrol grubunda ise ön-son-geciktirilmiş son testlerde hiçbir test lehine anlamlı bir fark çıkmamıştır. Gruplar arası karşılaştırmalarda ise son ve geciktirilmiş son testin her ikisinde de deney grubu lehine anlamlı farklılıklar çıkmıştır. Bu istatistiksel sonuçlar, deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubundakine göre daha etkili olduğunu göstermektedir.

Yukarıda Tablo 6.1 ve 6.2'de sunulan genel özetlerin ardından aşağıda öğrencilerin öğretim öncesi fikirleri ile ilgili olarak ön testten, ardından kavramsal değişim ve bilginin kalıcılığı üzerine son test ve geciktirilmiş son testten elde edilen bulgulara dayalı olarak sonuçlara yer verilmektedir.

Öğretim öncesi öğrencilerin fikirleri: Giriş bölümünde de bahsedildiği gibi, basit elektrik devreleriyle ilgili olarak öğrencilerin alternatif fikirlerini belirleme üzerine yapılmış çalışmalardan çıkan sonuçlar genellikle birbirine benzemektedir (bkz. Bölüm 2, sf. 23-24). Ülkemizde bu konuda yapılmış çalışmaların azlığından dolayı, burada yapılan araştırmanın bir kısmını oluşturan “öğrencilerin öğretim öncesi fikirlerini belirleme çalışmaları” bu alanda Türkiye'deki Lise 1. sınıf düzeyindeki öğrencilerin alternatif fikirleri üzerine genel bir fikir vereceği düşünülmektedir. Alternatif fikirler üzerine yapılan çalışmalar, belli görüşlerin farklı cinsiyet, yaş, ırk ve kültürdeki çoğu öğrenci için benzer olabileceğini göstermiştir (bkz. Bölüm 2, sf. 15). Bu çalışmada da öğretim öncesi öğrencilerin fikirlerini belirlemek amacıyla yapılan ön testten elde edilen veriler, farklı ülkelerde yapılmış çalışmaların ulaştıkları sonuçlara çoğunlukla benzemektedir. Literatürden farklı olarak bu çalışmada, “anahtar kapatıldığında lambalar söner” alternatif fikri ortaya çıkarılmıştır. Bu alternatif fikir daha öncede bahsedildiği gibi günlük dilin kullanımından kaynaklanan bir görüştür.

Genel olarak, deney ve kontrol gruplarından kavramsal anlama testi (ön testten) sonucunda elde edilen öğretim öncesi öğrencilerin görüşleri kısaca aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır. İfadenin sonunda bu fikrin hangi soruda belirlendiği ve literatürde hangi çalışmalarda da ortaya çıkarıldığı verilmektedir.

- Çoğunlukla öğrenciler “enerji, akım ve elektrik” kavramlarını açıklamalarında kullanılmaktadır (1. soru - [33]).

- “Pil sayısı fazla olan devrede lamba daha parlak yanar (bağlantı şekli önemsenmiyor)”, “piller paralel bağlandığında (serilere göre) lamba daha fazla ışık verir” ve “pil sayısı fazla olan devrede lamba daha parlak yanar ve piller seri bağlandığında lamba daha fazla ışık verir” (2. soru - [34]).
- “Seri bir devrede lambanın önünde yapılan bir değişiklik lambanın parlaklığını etkiler, fakat lambadan sonra gelen bir yerde yapılan değişiklik lambanın parlaklığını etkilemez” (sequential reasoning) (3. soru - [29, 32]).
- “Piller sabit akım kaynağıdır” ve “lamba sayısı fazla olan devredeki lambalar daha parlaktır ve paralel bağlı lambalar seri bağlı lambalardan daha fazla ışık verir” (4. soru - [27, 29, 31, 32, 34]).
- “Paralel bağlı lambalar daha fazla ışık verir” veya “seri bağlı lambalar daha fazla ışık verir” (5 ve 8. sorular).
- “Anahtar kapalıyken veya açıkken hiçbir lamba yanmaz” (5. soru).
- “Potansiyel farkı kavramı ile akım (veya enerji) kavramları aynı kavramlardır” (6. soru - [29, 31]).
- “Devrede karşılıklı kenarların potansiyel farkları birbirine eşittir ve uzun olan kenarın potansiyel farkı kısanınkinden daha büyüktür” (6. soru).
- “Akım lambayı geçince azalır” ve “pilin pozitif tarafındaki akım negatif tarafındaki akımdan daha büyüktür” (7. soru - [25, 27, 29, 31-34]).

Gözlenen başlıca kavramsal değişimler: “Literatür Taraması” bölümde de belirtildiği gibi, bu araştırma için, öğrencilerin alternatif fikirleri ve bu fikirlerin gelişimi ve değişimi amacıyla yapılan öğretimle ilgili olarak literatürde yapılmış birçok çalışma incelenmiştir. Öğretim üzerine yapılan bazı çalışmalarda, kavramsal değişimi gerçekleştirmek amacıyla yapılmış özel öğretim etkinlik türleri seçilerek ve bu etkinliklerle ilgili kısmen de olsa bazı değişiklikler yapılarak bu çalışmada bir senteze gidilmiş ve yapılandırmacı anlayışın temel kabulleri de dikkate alarak bir öğretim yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu öğretim yaklaşımında yer alan kavramsal değişim ile ilgili olarak yapılan etkinlikler temel olarak bazı alternatif fikirler üzerine olmuştur. Bu alternatif fikirler “piller sabit akım kaynağıdır”, “akım devre elemanları tarafından harcanır”, “potansiyel farkı ile akım (veya enerji) kavramları aynı kavramlardır” “pil sayısı arttıkça lambanın parlaklığı artar” ve “anahtar

kapatıldığında bütün lambalar söner”dir. Bu fikirlere yönelik olarak öğretim sırasında yapılan kavramsal değişim etkinliklerinin ne derecede etkili olduğu kısaca aşağıda özetlenmektedir.

Yukarıda sıralanan alternatif fikirlerin, kavramsal değişimini sağlamak amacıyla öğretim sırasında kullanılan etkinlik örnekleri, “anahtar kapatıldığında bütün lambalar söner” fikri ile ilgili plan hariç, diğerleri literatürde bu konuda yapılmış bazı çalışmalardan alınmıştır (Bölüm 2, sf. 47, Tablo 2.1). Öncelikle belirtelim ki, son testte 1. soru hariç diğer soruların analizi sonucunda, öğrenciler çoğunlukla (4 ve 9-b soruları hariç) bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamaları yapmışlardır. Bu sonuç, öğrencilerin öğretim öncesi görüşlerini değiştirmelerinde deney grubunda yapılan öğretimin oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Aşağıda, hangi alternatif fikirlerde kavramsal değişimin gerçekleştiği hangilerinde gerçekleşmediği kısaca verilmektedir.

Kavramsal değişimin gerçekleştiği alternatif fikirler: 1) “Potansiyel farkı, akım ve enerji kavramlarının birbiri yerine kullanılması” ile ilgili olarak bu çalışmada kullandığımız etkinlik örneği, Psillos’un [47] çalışmasında kullandığı etkinlikten yararlanılarak hazırlanmıştır. Bu etkinliklerde potansiyel farkı-enerji ve potansiyel farkı-akım kavramlarının birbirinden farkını ortaya koymak amaçlanmıştır. Potansiyel farkı kavramı ile ilgili olarak sorulan kavramsal anlama testinde yer alan 6. soruda ön testte soruyu cevaplandıran öğrencilerin çoğunluğunun bu soruda akım veya enerji kavramlarını kullanarak bir açıklama yapmalarına rağmen son testte öğrencilerin büyük bir çoğunluğu (sorunun I. kısmında % 82.6, II kısmında % 60.8) potansiyel farkı kavramını kullanarak doğru açıklamaları yapmışlardır. Burada olumlu yönde olan bu sonucu aslında sadece yukarıda belirtilen etkinliklere bağlamak yanlış olur. Çünkü öğretimde kavramlar arası farklılıkları ortaya koyan etkinliklerden önce, potansiyel farkı ve akım kavramlarının öğrenciler tarafından iyice anlaşılmasına yönelik olarak etkinliklerin yapılmış olması da bu olumlu sonuçta etkili olmuş olabilir. Psillos [47] öğretim sonrasında, öğrencilerin yaklaşık yarısının artık bu kavramları birbirinden ayırdığını ve farkını anladığını ifade etmiştir. Bu çalışmada, Psillos’un [47] elde ettiği sonuçtan kısmen de olsa daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

2) “Akım devre elemanları tarafından harcanır” alternatif fikri ile ilgili olarak kullanılan etkinlik örneği daha öncede belirtildiği gibi (Bölüm 4, sf. 83) literatürde birçok çalışmada kullanılan bir etkinliktir. Bu çalışmada ise, literatürdeki formatından (lambanın iki yanında birer ampermetre bulunması) farklı olarak üçüncü bir ampermetre daha kullanılmıştır. Öğrenciler bu etkinlikte üç ampermetreden geçen akımın aynı değerde ve aynı yönde olduğunu gözlemlediklerinden öğretim öncesinde sahip oldukları “akım devrede harcanır”, “pilin pozitif tarafındaki akım negatif tarafındaki akımdan daha büyüktür” ve “pilin her iki kutbundan da akım gelir ve bunların büyüklükleri eşittir” şeklindeki görüşlerini bırakarak “devrede akım her yerde aynıdır ve akım harcanmaz” türündeki doğru açıklamayı yapmışlardır. Bu fikirle ilgili olarak sorulan kavramsal anlama testinde yer alan 7. sorudan elde edilen veriler öğrencilerin % 95.7’si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamaları yaptıklarını göstermektedir. Literatürde birçok araştırmacı kısmen de olsa “akımın harcanması” fikriyle ilgili olarak değişimin sağlandığını fakat yine de bu alternatif fikirlerle ilgili problemlerin devam ettiğini vurgulamaktadırlar [45, 48, 52, 55, 56]. Sonuç olarak literatürden farklı olarak üçüncü bir ampermetrenin kullanılmasının bu alternatif fikrin değişiminde oldukça etkili olduğunu göstermektedir.

3) Öğretim öncesinde 2. sorudan elde edilen “pil sayısı fazla olan devrede lamba daha parlak yanar (bağlantı şekli önemsenmiyor)”, “piller paralel bağlandığında (serilere göre) lamba daha fazla ışık verir” ve “pil sayısı fazla olan devrede lamba daha parlak yanar ve piller seri bağlandığında lamba daha fazla ışık verir” öğrenci görüşlerinden bilimsel olarak doğru kabul edilen görüşlere doğru kavramsal değişimini sağlamak amacıyla Lee ve Law’ın [34] yaptıkları çalışmadan alınan etkinlik örneği kullanılmıştır. Bu etkinliğin öğretimde kullanılmasının sonucunda, devrede her zaman pil sayısı arttığında lambanın parlaklığının artmadığını ve pillerin bağlantı şeklinin lambanın parlaklığını etkilediğini fark eden öğrenciler öğretim sonrasında son testte kendilerine yöneltilen 2. soruda % 78.3 oranında doğru açıklamaları yapmışlardır. Bu durum, etkinliğin öğrencilerin fikirlerinin değişiminde etkili olduğunu göstermektedir.

4) “Anahtar kapatılınca bütün lambalar söner” alternatif fikri ile ilgili olarak, araştırmacı tarafından geliştirilen etkinlik örneği kavramsal değişimi sağlamak

amacıyla kullanılmıştır. Şekil 4.4'te sunulan devrede öğrenciler, biri ana kol üzerinde diğeri de paralel kollardan biri üzerinde bulunan anahtarların kapalı veya açık olması durumunda lambaların parlaklığına ve yanıp yanmayacağı ile ilgili olarak ne olacağını gözlemlemişlerdir. Anahtarlar kapalıyken lambaların ışık verdiğini gözlemleyen öğrenciler kendilerine öğretim sonrasında sorulan 5. sorunun a şıkında % 91.3 oranında bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamaları yapmışlardır. Bu sonuç, öğrencilerin fikirlerini değiştirmelerinde etkinliğin ne kadar etkili olduğunu göstermektedir.

Kavramsal değişimin gerçekleşmediği alternatif fikirler: Deney grubunda 4 ve 9-b sorularından elde edilen veriler “piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikrinin kavramsal değişiminde öğretimin etkili olmadığını göstermektedir. 4. soruda, öğretim öncesinde bu alternatif fikre sahip olan dört öğrenci ve diğer bir yanlış kategorisinde bulunan iki öğrencinin görüşlerinde kavramsal değişim olmuştur. Fakat geri kalan öğrencilerden on dördünün “piller sabit akım kaynağıdır” görüşünde oldukları görülmektedir. Sonuçta yirmi üç öğrenci içerisinde altı öğrencinin öğretim sonrasında görüşlerinin olumlu yönde değişmesi aslında çok az da olsa öğretimin işe yaradığını göstermektedir. Fakat yanlış kategorisi içinde yer alan öğrenci sayısının çok olması genel anlamda öğretimin etkili olmadığını gösteren bir durumdur. “Piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikri ile ilgili olarak 4. sorudan farklı bir formatta sorulan 9. sorunun b şıkından elde edilen veriler 4. sorudan elde edilen verileri doğrular niteliktedir. “Piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikri ile ilgili bu çalışmada kullandığımız etkinlik örneği Lee ve Law [34] ile Shafer ve McDermott'un [48] çalışmalarında kullandıkları etkinlikten yararlanılarak hazırlanmıştır. Lee ve Law [34] genel olarak öğrencilerin görüşlerinde olumlu yönde bir değişim olduğunu belirtmesine rağmen, Shafer ve McDermott'un [48] kısmen de olsa bir gelişmenin kaydedildiği fakat yine de bu fikirle ilgili olarak problemlerin devam ettiği ve öğrencilerin bu konuda özel bir yardıma ihtiyacı olduğunu vurgulanmışlardır. Bu çalışmadan elde edilen veriler de bu fikrin değişiminde uygulanan etkinliğin kavramsal değişim açısından etkili sonuçlar doğurmadığı yönündedir.

Ayrıca deney grubu öğrencilerinin ön testte 1. soruda çoğunlukla “enerji” ve “akım” kavramları kullanılıyorken, öğretim sonrasında son testte “enerji” kavramı hiç kullanılmamıştır. Bunun yanında öğrencilerin çoğunlukla “akım” ile “devrenin tamamlanması” kavramlarını ve kısmen de (% 22) “potansiyel farkı” kavramını öğretim sonrasında açıklamalarında kullanmışlardır. Öğretim sırasında enerji kavramı üzerinde çok fazla durulmamasından dolayı öğretim sonrasında öğrenciler tarafından bu kavram hiç kullanılmamıştır.

Sonuç olarak, deney grubunda bulunan öğrencilerin son testte çoğunlukla bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamaları yapmış olmaları, öğretim öncesi sahip olunan çoğu görüşün (“piller sabit akım kaynağıdır” hariç) bilimsel fikirlere doğru değişiminde öğretimin etkili olduğunu göstermektedir. Olumsuz durum sadece “piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikrinde görülmüştür.

Kontrol grubunda ise son testten elde edilen verilere bakıldığında, öğretim sonrasında öğrencilerin görüşlerinin öğretim öncesine göre çoğunlukla benzer olduğu görülmektedir. Son testte yer alan sorulara doğru açıklama yüzdesi açısından bakıldığında sadece 7 ve 5-a sorularında kısmen de olsa belirgin bir artış göze çarpmaktadır. Yedinci soruda doğru açıklama yüzdesi ön testte % 8.6 iken son testte % 30.4’e, beşinci sorunun a şıkkında ise ön testte % 4.3 iken son testte % 26’ya yükselmiştir. Diğer sorularda ise, doğru açıklama yüzdeleri % 8.6’yı geçmemiştir. Hatta üçüncü sorunun a, b ve d şıklarında; beşinci sorunun b şıkkında ve sekizinci soruda öğrencilerin hiçbiri bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamaları yapamamışlardır. Sonuç olarak, kontrol grubunda yapılan öğretimin öğrencileri bilimsel olarak doğru açıklamayı yapmaya yöneltmede etkili olmadığı söylenebilir.

Kazanılan Bilginin Kalıcılığı: Öğretim uygulamasının bitmesinden beş buçuk ay sonra deney ve kontrol gruplarına bilginin kalıcılığını test etmek amacıyla geciktirilmiş son test uygulanmıştır. Bu testten elde edilen sonuçlar, deney grubunda bütün sorularda doğru açıklama yüzdesinde son teste göre belirgin bir azalma olduğunu göstermektedir. Bu azalmaya rağmen, dördüncü ve dokuzuncu sorunun b şıkkı hariç diğer bütün sorularda, deney grubunda yer alan öğrenciler tarafından ifade edilen görüşler içerisinde en fazla yüzdeye bilimsel olarak doğru kabul edilebilen açıklamaların sahip oldukları görülmektedir. Kontrol grubunda ise geciktirilmiş son testten elde edilen verilere bakıldığında, ön test ve son testteki belli yanıt

kategorilerindeki yığılmaların devam ettiği ve doğru açıklamayı yapan öğrenci sayısının çoğu soruda neredeyse hiç değişmediği görülmektedir.

Deney grubunda geciktirilmiş son testten elde edilen veriler kısmen de olsa bilginin unutulduğunu göstermektedir. Öğrencilerin öğretim sonrası konu ile ilgili olarak herhangi bir öğretim yaşantısı geçirmemiş olmasından dolayı, öğretimden beş buçuk ay sonra yapılan geciktirilmiş son testte doğru açıklama yüzdesinde düşme olması beklenen bir sonuç olarak görülebilir. Bu olumsuz duruma rağmen istatistiksel olarak ön test-geciktirilmiş son test puanları arasında geciktirilmiş son test lehine anlamlı bir farklılığın olması yapılan öğretimin beş buçuk ay sonra bile etkili olduğunu gösteren olumlu bir sonuç olarak görülebilir.

Son test ve geciktirilmiş son testten elde edilen veriler kalıcı kavramsal değişim açısından incelendiğinde, deney grubunda kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştiren öğrenci sayısının kontrol grubundakilere oranla çok daha fazla olduğu görülmektedir (bkz. Tablo 5.47 ve 5.48).

Deney grubunda yapılan öğretimde dikkate alınan alternatif fikirlerin kalıcı kavramsal değişimi ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.

- “Potansiyel farkı ile akım (veya enerji) kavramları aynı kavramlardır” görüşünde kavramsal değişimi sağlamak amacıyla öğretimde yapılan etkinlik sonucunda 14 öğrencinin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir (kontrol grubunda hiçbir öğrencide kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmemiştir).
- “Akım devre elemanları tarafından harcanır” alternatif fikrinde kavramsal değişimi gerçekleştirmek amacıyla yapılan etkinliğin sonucunda 11 öğrencinin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir (kontrol grubunda 3 öğrencinin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir).
- “Pil sayısı fazla olan devrede lamba daha parlak yanar (bağlantı şekli önemsenmiyor)”, “piller paralel bağlandığında (serilere göre) lamba daha fazla ışık verir” ve “pil sayısı fazla olan devrede lamba daha parlak yanar ve piller seri bağlandığında lamba daha fazla ışık verir” alternatif fikrinde kavramsal değişimi gerçekleştirmek amacıyla yapılan etkinliğin sonucunda 11 öğrencinin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir (kontrol grubunda 2 öğrencinin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir).

- “Anahtar kapatılınca bütün lambalar söner” alternatif fikrinde kavramsal değişimi gerçekleştirmek amacıyla yapılan etkinliğin sonucunda 18 öğrencinin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir (kontrol grubunda 3 öğrencinin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir).
- “Piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikrinde kavramsal değişimi gerçekleştirmek amacıyla yapılan etkinliğin sonucunda 1 öğrencinin fikirlerinde kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmiştir (kontrol grubunda hiçbir öğrencide kalıcı kavramsal değişim gerçekleşmemiştir).

Yukarıda da görüldüğü, “piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikrinde her iki grubun öğrencileri de kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştirememişlerdir. Diğer alternatif fikirlerde kalıcı kavramsal değişimi gerçekleştiren öğrenci sayılarına bakıldığında deney grubunun kontrol grubuna göre çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre çok daha etkili olduğunu göstermektedir.

Öğretmenin sene sonu sınavında sormayı planladığı ve her iki gruba uygulanan öğretimler sonunda öğrencilerin nicel bir soruyu çözebilmedeki başarılarını belirlemek amacıyla sorulan 10 ve 11. sorulardan elde edilen veriler deney grubu öğrencilerinin kontrol grubuna göre belirgin bir şekilde daha başarılı olduklarını göstermektedir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin her üç testten aldıkları puanların istatistiksel analiz sonuçları da deney grubunda yapılan öğretimin kontrol grubunda yapılan öğretime göre kavramsal anlama ve bilginin kalıcılığı açısından daha başarılı olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, yapılandırmacı öğrenme modeli çerçevesinde potansiyel farkı kavramı temelli, kavramsal anlamayı sağlamaya ve öğrencilerin öğretim öncesi görüşlerinde kavramsal değişimi gerçekleştirmeye yönelik olarak tasarlanan ve uygulanan öğretim modeli, geleneksel öğretim modelinin (anlatma, soru-cevap) kullanıldığı kontrol grubuna göre kavramsal anlama ve değişim (“sabit akım kaynağı” hariç) açısından çok daha başarılı olduğu söylenebilir.

Öğretim: Taslak model olarak geliştirilen ve deney grubunda uygulanan öğretimin uygulanabilirliği ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca verilmektedir;

- Öğrencilerin küçük gruplar halinde çalışmalarına olanak tanıyan bu öğretimde, karşılaşılan sorunlardan biri deney malzemesi eksikliğidir. Uygulama yapılan okuldaki malzemeler yetersiz olunca başka bir liseden ve Necatibey Eğitim Fakültesi Fizik Bölümü'nden de yardım alınarak bu problem aşılabılmıştır.
- Öğretmenin bu tür bir öğretim şekline alışkın olmamasından kaynaklanan bazı sorunlar yaşanmıştır. Öğretmen çoğu etkinlikte farkında olmadan etkinlik sırasında kendi yapacağı açıklamalardan başka açıklamalar yapmıştır. Buna en güzel örnek "Bölüm 1 Etkinlik 2"de yer alan etkinliklerden sonra öğretmenin herhangi bir açıklama yapmaması gerekirken akım, direnç ve kısa devre gibi kavramları kullanarak "akım ile direnç arasında ters orantılı bir ilişki vardır" ve "akım direncin küçük olduğu yerden geçer, yani kısa devre olur" şeklinde açıklamaları yapmıştır. Öğretmenin kendisi de etkinliklerden sonra farkında olmadan bu tür açıklamalar yaptığını belirtmiş olmasına rağmen az da olsa sonraki etkinliklerde de yine farkında olmadan bu türden açıklamalar yapmıştır. Ayrıca, öğretmenin bazen etkinliğin başında öğrencilerin görüşlerini almayı unutarak bir sonraki adıma geçmesi de karşılaşılan sorunlardan bir diğeridir.
- Bölüm 2 Etkinlik 6, "piller sabit akım kaynağıdır" alternatif fikrinin değişimini sağlamaya yönelik olarak yapılmak istenmiş olan bir etkinliktir. Fakat bu etkinlik sırasında yaşanan bazı sorunlar (bkz. 4. Bölüm (Öğretim Bölümü), Bölüm 2, Etkinlik 6) asıl amaçtan uzaklaşılmasına sebep olmuştur. Son test ve geciktirilmiş son test sonuçları bu alternatif fikrin değişiminde olumlu sonuçlar alınmadığını göstermektedir. Ayrıca, öğretimden kaynaklanan problemlerden dolayı bu alternatif fikrin değişiminde olumlu sonuçlar alınmadığını söylemenin yanında, öğrencilerin zihinlerinde iyice köklenmiş olabilecek bu görüşün değişime karşı büyük bir direnç gösterdiği de söylenebilir (Fen konularıyla ilgili olarak literatürde yapılan bir çok konuyla ilgili çalışmada bazı alternatif fikirlerin değişime karşı büyük bir direnç gösterdiği belirtilmektedir [2, 10, 25, 26, 27, 64]. Bundan dolayı bu

çalışmada bu alternatif fikir değişime karşı büyük bir direnç gösteren fikir olarak görülebilir).

- Olumsuz sonuçlar doğurmamasına rağmen, Bölüm 3, Etkinlik 1’de “potansiyel farkı-enerji” kavramları arasındaki farkı ortaya koymak amacıyla yapılan etkinlikte ampermetre ve voltmetre ile ölçümler yapılması öğrencilerin asıl amaçtan uzaklaşmasına sebep olmuştur.
- Öğrencilerin neredeyse tamamı bu türden bir öğretim şekliyle ilk defa karşılaştıklarını, daha önceden okulda kendilerinin bizzat hiçbir deney yapmadıklarını ve deneyleri kendilerinin yapmalarının öğrenmelerini olumlu yönde etkilediğini belirtmektedirler. Öğrencilerin, genel olarak öğretimle ilgili olarak olumlu düşüncelere sahip iken bazı öğrenciler derslerde çok fazla deney yaptıklarından bazı şeyleri iyi anlayamadıklarını ifade etmişlerdir. Öğretim sırasında öğretmenin farkında olmadan bazı etkinliklerde yapılacak bazı işlemleri yaptırmadan bir sonraki adıma geçmesinden dolayı etkinlik tahmin edilenden daha kısa sürede bitmiştir. Biten etkinlikten sonra bir diğerine geçildiğinden, bazı derslerde planlanandan fazla etkinlik yapılmıştır. Bu yüzden öğrenciler haklı olarak bazı derslerde çok deney yaptıkları için bazı şeyleri anlayamadıklarını ifade etmişlerdir.

6.2 Öneriler

Bu kısımda, araştırmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda yapılan öneriler yer almaktadır. Öneriler, hem bu araştırmada uygulanan öğretimin niteliği hem de ileriki zamanlarda yapılacak çalışmalar üzerine olacaktır. Bunlar;

1. Sadece bu araştırmanın konusunu oluşturan “basit elektrik devreleri” değil fizik veya daha genel anlamda fen derslerinde geçen kavramlarla ilgili öğretim öncesi öğrencilerin sahip olabilecekleri alternatif fikirler öğretim sırasında dikkate alınmalı ve öğretimde bu alternatif fikirlerin değişimi üzerine özel etkinliklere yer verilmelidir.
2. Bu çalışmada uygulanan öğretim modelinde, dikkate alınan alternatif fikirlerin değişimi ile ilgili olarak gerçekleştirilen özel etkinliklerin çoğunun istenilen amaçlara hizmet etmesinden dolayı ileriki zamanda yapılacak araştırmalara ve öğretmenlere bu etkinlikler önerilmektedir. Bunlar;

- “Akımın harcanması” alternatif fikri ile ilgili olarak öğretimde “Bölüm 2 Etkinlik 5”te yer alan bilişsel çatışma ve bisiklet pedal sistemi benzetmesi,
 - “Pil sayısı fazla olan devrede lamba daha parlak yanar (bağlantı şekli önemsenmiyor)”, “piller paralel bağlandığında (serilere göre) lamba daha fazla ışık verir” ve “pil sayısı fazla olan devrede lamba daha parlak yanar ve piller seri bağlandığında lamba daha fazla ışık verir” görüşleriyle ilgili olarak “Bölüm 2 Etkinlik 3”te yer alan etkinlik,
 - “Anahtar kapalıyken veya açıkken hiçbir lamba yanmaz” görüşüyle ilgili olarak “Bölüm 1 Etkinlik 2 - 2”de yer alan etkinlik,
 - “Potansiyel farkı kavramı ile akım (veya enerji) kavramlarının aynı kavramlarmış gibi görülmesi” ile ilgili olarak “Bölüm 3 Etkinlik 1 ve 2”de yer alan etkinliklerdir.
3. “Piller sabit akım kaynağıdır” alternatif fikri ile ilgili olarak öğretimde yapılan etkinlik sırasında karşılaşılan bazı sorunlardan dolayı (bkz. Bölüm 2 Etkinlik 6), bu alternatif fikrin değişiminde olumlu sonuçlar alınamamıştır. Bu durumdan dolayı, etkinlik sırasında kullanılan dört devrenin öğretmen tarafından gösteri deneyleri şeklinde sunulmasının daha uygun olabileceği araştırmacı tarafından önerilmektedir.
 4. Ayrıca “potansiyel farkı-enerji” kavramlarının birbirinden farkını belirlemeye yönelik olarak yapılan etkinlikte (Bölüm 3 Etkinlik 1) ampermetre ve voltmeter ile yapılan ölçümler bu etkinliğin asıl amacından uzaklaşılmasına sebep olmuştur. Bu yüzden bu etkinliğin ampermetre ve voltmeter ile ölçümler alınmadan gerçekleştirilmesi daha uygun olacaktır.
 5. Geciktirilmiş son test sonuçlarına göre bu çalışmada iddia edilen, öğrencilerin öğretim öncesi sahip oldukları bazı alternatif fikirlerinde meydana gelen kalıcı kavramsal değişimin belli zaman dönemleri (örneğin iki kez üç ayda bir) içerisinde birkaç kez daha test edilerek gerçekten değişimin anlamlı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu çalışmanın zaman sınırlaması olduğundan bu türden bir durum tespiti yapılamamıştır. Zaman sınırlaması olmayan çalışmalarda bu türden bir yol izlenerek öğrencilerin fikirlerinde meydana gelen değişimin uzun vadede anlamlı olup olmadığı incelenebilir.
 6. Bu çalışmada öğretmen, öğretim sırasında bilgiyi doğrudan veren değil öğrencilerin onlara ulaşmasını sağlayan ve gerektiği yerde açıklama yapan bir

roldedir. Yıllarca klasik anlamda dersini işlemiş olan öğretmenin, bu çalışma için geliştirilmiş olan ve deney grubunda kendisi tarafından uygulanan öğretim metodunda uygulama sırasında bir takım hatalar yapması normaldir. Öğretmenlerden kaynaklanan hataların en aza indirilebilmesi için zaman sınırlaması olmayan çalışmalarda bir yıl öncesinden öğretimin pilot çalışması yapılabilir. Bu bağlamda düşünüldüğünde bu çalışma, araştırmacılar için ileriki çalışmalarda bu öğretim modelini araştırmalarında kullanacaklarsa pilot çalışma olarak düşünülebilir.

7. Bu çalışmada kullanılan öğretim modeli, geleneksel öğretimden hem içerik hem de öğretmen ve öğrencinin sınıf içi pozisyonu açısından oldukça farklıdır. Bu farklılığa rağmen, rastgele belirlenen bir sınıfta başarıyla uygulanmış ve etkili sonuçlar alınmıştır. Bu yüzden bu çalışmada uygulanan öğretim modeli, 3 ve 4 maddelerinde yapılan öneriler doğrultusunda düzenlendikten sonra liselerde öğretim yapan bütün öğretmenlere önerilmektedir.
8. Malzeme eksikliğinden dolayı uygulama yapılan okulda problemlerle karşılaşılması ve ülkemizdeki birçok devlet okulunun bu durumda olduğu düşünüldüğünde öğretimde yer alan etkinliklerin öğretmen tarafından gösteri deneyi şeklinde yapılması araştırmacı tarafından önerilmektedir. Bu önerinin tutarlı olabilmesi için de, bu araştırmada öğretim sırasında gerçekleştirilen etkinliklerin başka bir araştırmada gösteri deneyi şeklinde yapıp her bir etkinlikten elde edilen sonuçların bu çalışmadan elde edilen sonuçlardan kavramsal anlama, kavramsal değişim ve istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık yaratıp yaratmadığının araştırılması gerekmektedir.
9. Fizik veya Fen eğitimi alanında çalışan araştırmacıların öğretmenler ile öğrenme ve öğretimi geliştirme konusunda işbirliği içerisinde çalışmalarını gerektiği adeta bütün araştırmacılar tarafından önerilmektedir. Sınıf ortamı içerisinde birkaç kritik soru ile öğrencilerin öğretim öncesi fikirlerini belirleme ve bu fikirlerin değişimine yönelik etkinlikleri nasıl ve ne biçimde kullanabilecekleri konusunda öğretmenlere araştırmacılar tarafından yılın belli zamanlarında eğitim verilmelidir. Ayrıca öğretmenlerin, konuların öğretimi sırasında karşılaştıkları bazı zorlukları veya kendi öğrencilerinin öğrenmelerinde problem yaratan konu ve kavramları araştırmacılarla birebir temasa geçerek veya teknolojik iletişim araçlarını kullanarak çözüm üretebilirler.

10. Uygulamaya katılan öğretmenin tamamıyla ders kitabına bağlı kalarak öğretimi gerçekleştiriyor olması ve ağır ders yükünden dolayı MEB'ye bağlı diğer liselerde de çoğu öğretmenin aynı şekilde öğretimi gerçekleştiriyor olabilme olasılığından dolayı ders kitabında “Madde ve Elektrik” ünitesinde yer alan “Elektrik Yükünün Ölçülmesi ve Elektrik Akımı”, “Maddelerin Elektrik İletkenliği”, “Elektrik Akım Kaynakları” ve “Elektrik devreleri” konularının sunumuyla ilgili olarak bazı öneriler aşağıda sunulmaktadır.

- Kavramlar belli bir sıra içerisinde aşamalı olarak sunulmalıdır. Bu çalışmada yapıldığı gibi, potansiyel farkı, akım, direnç ve ohm yasası şeklinde bir sıranın izlenmesi önerilmektedir. Kavramlar öğrenciler tarafından iyice anlaşılacak şekilde birçok etkinlik örnekleriyle desteklenmeli ve bir kavramın sunumu bitmeden diğer bir kavrama geçilmemelidir.
- Lise 1 ders kitabında, piller konusundan sonra “alternatif akım kaynakları” ardından “elektrik devreleri” konuları sunulmaktadır. Henüz doğru akım ile ilgili konu bitmeden piller ve elektrik devreleri konuları arasında alternatif akım konusuna yer verilmesi konuların aşamalı olarak sunulmasına ters düşen bir durum olarak gözükmektedir. Bu yüzden, alternatif akım konusunun doğru akım ile ilgili bütün konuların bitmesinden sonra sunulması önerilmektedir.
- Volta pili ve kuru pillerle ilgili olarak ders kitabında konunun anlatımında kullanılan kimyasal tepkimelere fazla yer verilmiştir. Lise 1. sınıf öğrencilerinin tamamının sayısal bölümünü tercih etmeyecekleri düşünüldüğünde bu kadar ayrıntılı bir şekilde kimyasal tepkimeler kullanılarak piller konusunun işlenmesi gereksiz bir durum olarak gözükmektedir. Bu ayrıntının yerine, pillerin devredeki rolü hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra, ödev veya araştırma sorusu olarak konunun bitiminde pil çeşitleri ile ilgili olarak bir yönlendirme yapılabilir.
- Kavramların öğretiminden sonra, kavramlar arası farkları ortaya koyacak etkinliklere yer verilmelidir. Örneğin bu çalışmada kullanılan ve olumlu sonuçlar alınan, potansiyel farkı, akım ve enerji

kavramlarının birbirinden farkını ortaya koyan etkinlik örnekleri kullanılabilir.

- Bu çalışmada “basit elektrik devreleri” konusu ile ilgili olarak ortaya çıkarılan alternatif fikirlerin öğrencilerin öğrenmesini etkilemesinden dolayı bu fikirler lise I. sınıf fizik dersi programı hazırlayıcıları ve ders kitabını yazan kişilerce dikkate alınması önerilmektedir.

6.3 Araştırmacının Karşılaştığı Zorluklar ve Deneyimleri

Bilimsel araştırmalarda araştırmacının, karşılaştığı zorluklar ve deneyimlerin aktarılması benzer araştırmaları yürütecek araştırmacılar için yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu zorluk ve deneyimler kısaca aşağıda sunulmaktadır.

- *Öğretim modelinin tasarlanması sırasında karşılaşılan zorluklar:* Öğretime hangi kavram ile başlanacağı, ardından hangi sırada diğer kavramların verileceği ve kavramsal değişim için ne tür etkinliklerin yapılacağı şeklindeki zorluklarla karşılaşan araştırmacı konu ile ilgili yapılmış birçok çalışmadan yararlanarak bu zorluğu aşmıştır.
- *Uygulama yapılan okulun malzeme açısından uygun olmaması:* Bu sorun, başka bir lise ve Necatibey Eğitim Fakültesi Fizik Laboratuvarı’ndan alınan malzemelerle aşılmıştır.
- *Öğretmenin bu tür bir öğretim modeline alışık olmaması:* Öğretime uygulama öncesinde öğretimin genel yapısı ve her etkinlikte ne yapacağı ile ilgili bilgilerin verilmesine rağmen bazen farkında olmayarak yapmaması gereken bir açıklamayı yapması veya etkinliğin başında öğrencilerin fikirlerini almadan direk deneye geçmesi gibi durumlarla karşılaşmıştır. Bu sorun dersin sonunda öğretmenin daha dikkatli olması konusunda uyarılması ile kısmen de olsa aşılmaya çalışılmıştır.
- *Okul yönetiminin, öğretim sırasında sınıfın genel olarak kamera ile ders çekimlerine izin vermemesi:* Uygulamanın yapılabilmesi için Balıkesir Milli Eğitim Müdürlüğü’ne verilen izin dilekçesinde kamera ile çekim yapılacağı açıkça belirtilmediği için okul yönetimi uygulamanın başlamasına bir hafta kala sınıf içinde çekim yapılmasına izin vermeyeceğini belirtmiştir. Bu

durum, ancak uygulamayı yapacak olan öğretmenin okul yönetimini ikna etmesi ile aşılabilmektedir.

- *Araştırmacının gözlem sırasında etkisiz bir eleman pozisyonu alması:* Sınıf içi etkinliklerinin izlenmesi evresinde, araştırmacının yabancı görülerek dışlanmaması ve rol yapılmaması için, araştırmacı üç ay öncesinden tüm fizik derslerine katılarak öğretmen ve öğrenciler tarafından sınıfın sıradan bir üyesiymiş gibi kabul edilmesi sağlanmıştır.



EK A-1 Çalışmada Uygulanan Öğretim Modelinin Öğretmen Kılavuzu

Öğretim İle İlgili Genel Açıklamalar

Genel Strateji

Önerilen öğretim, iki ana strateji üzerine temellenmiştir. Bu stratejiler,

- öğrencilere tartışma imkanının sunulduğu, gerek grup içinde ve sınıf içinde kendi aralarında tartıştığı, kendi fikirlerini anladıkları ve açıkladıkları bir ortamın oluşturulması,
- öğrencilere deney yapma, temel elektrik devrelerinde kullanılan araçları kullanma, devre kurup olanları gözleme imkanlarının verildiği bir ortamın sunulması,

şeklinde öğrencilerin öğretim boyunca aktif olarak öğrenmeye katılmalarını sağlamak amacıyla.

Bu stratejileri temel almak, etkinliklerin yapısını ciddi olarak etkilemektedir. Bunun yanında, öğretim sırasında kullanılan etkinliklerin çoğunda tahmin-gözlem-açıklama stratejisi (TGA) kullanılmıştır.

Öğretimin Yapısı

Önerilen öğretimde, verilen kavramların nasıl ne zaman hangi etkinlikten önce veya sonra sunulacağı açısından çok sıkı bir aşamalık ilişkisi izlemektedir. Önerilen öğretimde izlenen kavramların verilmiş sırası ve şekli uzun süreli çalışmaların sonucunda bilinçli olarak seçilmişlerdir. Bu bağlamda *önerilen bölüm ve etkinlik sıralarının izlenmesi, hangi açıklamaların nerede ve nasıl yapılacağı* oldukça önemlidir.

Öğretim dört ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler “basit elektrik devrelerine ilk adım”, “kavramlar”, “kavramlar arası fark” ve “direnc-ohm yasası” şeklindedir. Aşağıda başlıklar şeklinde bölümler ve içerdiği etkinlikler sunulmuştur. Her bölümün ve etkinliğin amacı izleyen sayfalarda başlıklar altında verilmiştir.

Bölüm 1: Elektrik Devrelerine Giriş

Etkinlik 1: Lamba Işık Verecek mi ?

Etkinlik 2: Basit Bir Devre Kuralım

Bölüm 2: Potansiyel farkı Nedir? Akım Nedir?

Etkinlik 1: Pilleri İnceleyelim

Etkinlik 2: Potansiyel farkını Nasıl Ölçeriz?

Etkinlik 3: Pilleri Değişik Şekillerde Bağlayalım

Etkinlik 4: Akımı Tanımaya Başlayalım

Etkinlik 5: Bir Devreden Gecen Akımı Daha Yakından İnceleyelim

Etkinlik 6: Lambaları Değişik Şekillerde Bağlayalım

Bölüm 3: Potansiyel farkı-Enerji, Potansiyel farkı-Akım Farkları Nedir?

Etkinlik 1: Potansiyel farkı ve Enerji Aynı Şeyler midir?

Etkinlik 2: Potansiyel farkı ve Akım Aynı Şeyler midir?

Bölüm 4: Ohm Yasası

Etkinlik 1: Direnci Tanıyalım

Etkinlik 2: Ohm Yasasına Giriş

Etkinlik 3: Seri Bağlı Bir Devre İnceleyelim

Etkinlik 4: Paralel Bağlı Bir Devre İnceleyelim

Etkinlik 5: Karışık Bağlı Bir Devre İnceleyelim

Sınıf Düzenlemesi

Önerilen öğretimden olumlu sonuç alınması için, sınıf içi düzeni konusunda bazı noktalara dikkat edilmesi önerilmektedir. Bu öneriler esas olarak:

1. Öğrencilerin gruplar halinde çalıştırılması, kendi aralarında tartışmaları için özendirilmeleri (grup sayıları bulunulan okulun fiziki şartlarına önemli bir şekilde bağlıdır),
2. Öğrencilere etkinlikle ilgili kağıtta neler yapmaları gerektiği maddeler halinde sıralanmıştır. Öğretmen tarafından öğrencilerin her şeyi adım adım yapmaları konusunda uyarılmaları,
3. Öğrencilere devreyi kurma sırasında belli bir zaman bırakılması, gerektiğinde yardım edilmesi ama yardım konusunda oldukça sınırlı davranılması,
4. Öğrencilere grup içinde tartışmaları için yeterince zaman verilmesi,
5. Öğrencilerin sınıf içindeki öğretmen denetiminde yapılan tartışmalarda gerekli zamanın verilmesi, fikirlerini rahatça açıklayacak ortamın yaratılması, öğrencilerin fikirlerini açıklamaya özendirilmesi ve sınıfta bir tartışma ortamının yaratılmasına izin verilmesi,

şeklinde özetlenebilir.

Tahmini Zaman Çizelgesi

Bu çizelge yapılan öğretimin sınıfta uygulanması sürecinde her etkinlik için harcanan zamanları göstermektedir. Bu tablo, bu süre içinde etkinlikler uygulanmalıdır düşüncesi ile değil, sadece öğretmene ortalama olarak bir fikir vermek amacıyla hazırlanmıştır.

ETKİNLİKLER		ZAMAN (Dakika)
Bölüm 1 Elektrik Devrelerine Giriş	Etkinlik 1: Lamba Işık Verecek mi ?	12 dk
	Etkinlik 2: Basit Bir Devre Kuralım - Birinci Kısım	48 dk
	- İkinci Kısım - Üçüncü Kısım	25 dk 30 dk
Bölüm 2 Potansiyel farkı Nedir? Akım Nedir?	Etkinlik 1: Pilleri İnceleyelim	20 dk
	Etkinlik 2: Potansiyel farkını Nasıl Ölçeriz?	20 dk
	Etkinlik 3: Pilleri Değişik Şekillerde Bağlayalım	30 dk
	Etkinlik 4: Akımı Tanımaya Başlayalım	25 dk
	Etkinlik 5: Bir Devreden Gecen Akım Daha Yakından İnceleyelim	15 dk
	Etkinlik 6: Lambaları Değişik Şekillerde Bağlayalım	45 dk
Bölüm 3 Potansiyel farkı-Enerji, Potansiyel farkı-Akım Farkları Nedir?	Etkinlik 1: Potansiyel farkı ve Enerji Aynı Şeyler midir?	25 dk
	Etkinlik 2: Potansiyel farkı ve Akım Aynı Şeyler midir?	13 dk
Bölüm 4 Ohm Yasası	Etkinlik 1: Direnci Tanıyalım	17 dk
	Etkinlik 2: Ohm Yasasına Giriş	21 dk
	Etkinlik 3: Seri Bağlı Bir Devre İnceleyelim	15 dk
	Etkinlik 4: Paralel Bağlı Bir Devre İnceleyelim	21 dk
	Etkinlik 5: Karışık Bağlı Bir Devre İnceleyelim	23 dk

Öğretimin Gerçekleştirilmesi

Daha önce de belirtildiği gibi etkinliklerin sırası ve hangi kavramın nerde nasıl verileceği önemli bir konudur. Öğretim de izlenen aşamalılık ilişkisinin yanı sıra bunun bir nedeni de bilgiye öğrencinin ihtiyacı olduğu zaman yerinde ve zamanında verilmesi gerekliliğine inanılmasıdır. Hazırlanan etkinliklerle, öğrencilerin verilecek bilgiye hazır olmaları ve gerek duymaları sağlanmaya çalışılmıştır.

Öğretmenin yapacağı açıklamalar etkinlik başında, sırasında veya sonunda olarak her etkinliğin içinde izleyen sayfalarda konulmuştur.

Bu açıklamaların yanı sıra, öğretmenin her etkinlik sonunda sınıftaki tartışma ortamı sonucunda ortaya çıkan fikirleri toparlayarak, bir sonuca varması doğru cevabı uygun şekilde vermesi, bu cevabı verirken sonraki aşamalarda öğretilecek kavramlardan bahsetmeden, bulunulan aşamaya uygun şekilde cevap vermesine dikkat edilmesi tavsiye olunur.

Bölüm 1: Elektrik Devrelerine Giriş

Bu bölüm, öğrencilerin elektrik devrelerini kurdukları, olayları gözlemledikleri ve elektrik devrelerinin işleyişini keşfetmeye başladıkları bir başlangıç aşamasıdır.

Bölümün Amaçları:

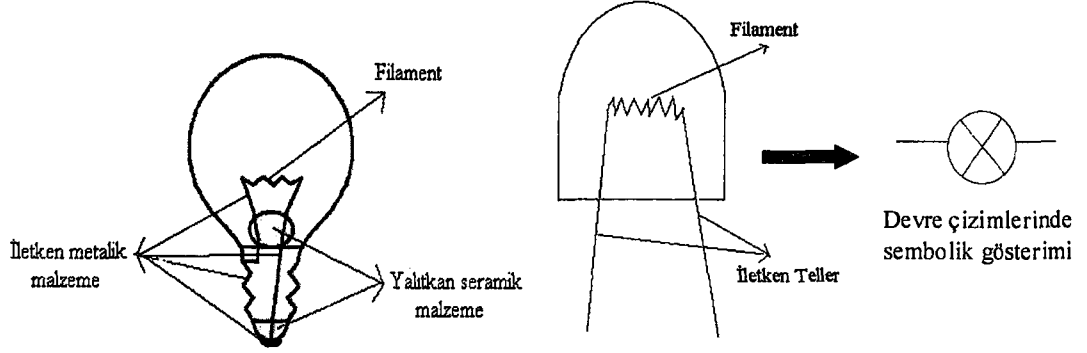
Öğrencilerin,

- 1- bir pil, bir lamba ve iki iletken tel kullanılarak oluşturulacak basit bir elektrik devresinde, lambanın ışık verebilmesi için devrenin doğru bir şekilde tamamlanmasının zorunlu olduğu fikrine öğrencilerin kendilerinin ulaşmalarını,
- 2- devrelerle ilgili olarak el becerisi kazanmaları ve elektrik devrelerinin işleyişi üzerine genel fikirler edinmelerini,
- 3- elektrik devrelerinin davranışının kendi düşündükleri gibi olamayabileceğinin farkına varmaları ve derse karşı onları istekli hale gelmelerini,

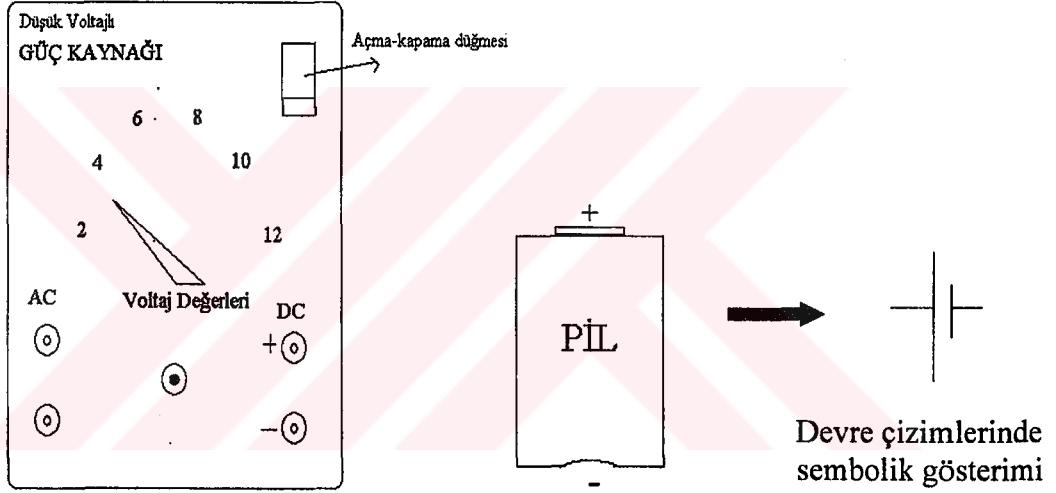
sağlamak şeklinde planlanmıştır..

Öğretmen deneyler sırasında kullanılacak malzemelerin tanıtımını aşağıda sunulan biçimde yapar (asetat kullanılması tavsiye edilmektedir).

Aşağıda deneyler sırasında kullanacağınız lamba çeşitleri görülmektedir.



Deneyler sırasında potansiyel farkı kaynağı olarak aşağıdaki şekillerde görülen güç kaynağı ve pil kullanılacaktır

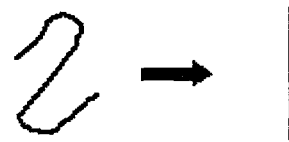


Anahtar



Devre çizimlerinde sembolik gösterimi

İletken tel



Devre çizimlerinde sembolik gösterimi

Etkinlik 1: Lamba Işık Verecek mi?

Bu etkinlik ile öğrencilerin, lambanın ışık vermesi için devrenin doğru bir şekilde bağlanması, bunun içinde elektrik devresinin kapalı devre şeklinde olması gerektiği sonucuna ulaşmalarını sağlamak amaçlanmıştır.

Etkinlik 2: Basit Bir Devre Kuralım

Bu etkinlikte verilen üç farklı devre ile öğrencilerin devre kurmayla ilgili olarak el becerilerini geliştirmeyi ve elektrik devrelerinin genel özellikleri konusunda fikirler edinmelerini sağlamak amaçlanmıştır.

Bölüm 2: Potansiyel Farkı Nedir? Akım Nedir?

Bu bölüm, potansiyel farkı ve akım kavramlarının hem nitel hem de nicel olarak sunulduğu kısımdır. Enerji ve güç kavramları ile ilgili olarak herhangi bir sunum yapılmamıştır. Bunun sebebi ise, programda bu kavramların öğretiminin lise 2. sınıfta yer almasıdır.

Bölümün Amaçları:

Öğrencilerin,

- 1- potansiyel farkı ve akım kavramlarını anlamalarını,
- 2- voltmetre ve ampermetrenin potansiyel farkı ve akım değerlerini ölçmede nasıl kullanmaları gerektiğini becermelerini,
- 3- aynı pilin kullandığı farklı devrelerde pilin potansiyel farkının sabit kalırken, devreye sağladığı akım değerinin her seferinde değiştiğinin farkına varmalarını,

sağlamak şeklinde tasarlanmıştır.

Etkinlik 1: Pilleri İnceleyelim

Öğrencilerin potansiyel farkı birimi olan Volt ve pillerin devredeki rolü ile ilgili olarak kendi fikirlerinin farkına varmalarını sağlamak amaçlanmaktadır.

Etkinlik 1'in sonunda öğretmen tarafından potansiyel farkı kavramı, piller içinde meydana gelen olaylar anlatılarak sunulmaya çalışılmıştır. Bu açıklama, potansiyel farkı kavramı ile ilgili yapılan ilk açıklama olup aşağıda görüldüğü gibidir.

Öğretmen etkinlik 1'in sonunda aşağıdaki açıklamayı yapar.

Pillerin içinde kimyasal reaksiyonlar olur. Bu reaksiyonlara göre pilin içinde yük ayrışması meydana gelir. Pozitif yüklerin bir çoğu pilin bir ucunda birikir ve bu uç "pozitif uç (+)" olarak isimlendirilir. Negatif yüklerde bir diğer uca toplanırlar ve bu uç' ta "negatif uç (-)" olarak isimlendirilir. Potansiyel farkı pilin uçlarının her ikisi üzerindeki yük toplanmasıyla doğru orantılıdır. Yük toplanma farkı ne kadar büyükse pilin uçları arasındaki potansiyel farkı da o kadar büyük olur.

Etkinlik 2: Potansiyel Farkını Nasıl Ölçeriz?

Bu etkinlikte öncelikle öğrencilerin 1.5 V' luk kuru piller ve güç kaynaklarının potansiyel farkını ölçmeyi, sonrasında bölüm 1 etkinlik 2'nin birinci kısmında kullandıkları devreyi tekrar kurmaları ardından, pilin, her bir lambanın ve iletken tellerin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçmeleri ve gözlem sonuçlarını tartışmaları istenmiştir.

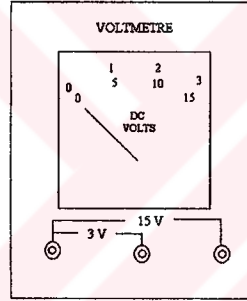
Öğretmenin etkinlik 1 sonunda yaptığı açıklamanın ardından aşağıda verilen voltmetre ile ilgili bilgiler asettan öğretmen tarafından bütün sınıfa sunulmaktadır.

VOLTMETRE

Voltmetreler potansiyel farkı (voltaj) ölçmeye yarayan aletlerdir. Bir devrede herhangi iki ucun potansiyel farkını ölçmek için,

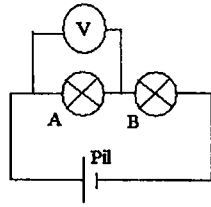
- bu iki noktaya voltmetre paralel bağlanır,
- ibrenin gösterdiği değer bu iki nokta arasındaki potansiyel farkının değeridir.

Aşağıdaki şekilde bir voltmetrenin şekli ve devredeki gösterimi verilmektedir.

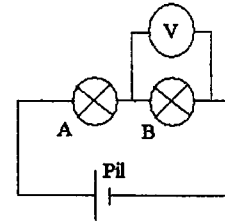


Voltmetrelerin devredeki gösterimi

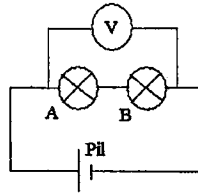
Herhangi bir devrede voltmetrenin nasıl kullanıldığı ile ilgili aşağıda şekiller verilmiştir.



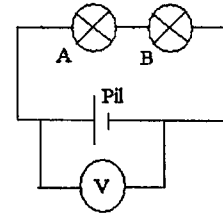
A lambasının uçları arasındaki potansiyel farkını ölçer



B lambasının uçları arasındaki potansiyel farkını ölçer



A ve B lambalarının toplam potansiyel farkını ölçer



Pilin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçer

Bu etkinlik sonunda sınıfa pillerle ilgili ikinci bir açıklama öğretmen tarafından aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

Kimyasal reaksiyonlar sonucunda pillerin içinde kimyasal enerji depolanır. Bu kimyasal enerji, kapalı bir devrede yük akışı olduğunda pilin uçları üzerindeki yük toplanma farkını korumada kullanılır ve böylelikle pilin uçlarındaki potansiyel farkı sabit kalmış olur.

Etkinlik 3: Pilleri Değişik Şekillerde Bağlayalım

Lambaların ışık verip vermemesinin, pillerin ve sonuç olarak lambaların belli bir potansiyel farkı değerine sahip olması gerekliliğine ve pillerin bağlantı şeklinin önemli olduğu fikrine öğrencilerin ulaşabilmeleri için bu etkinlik düzenlenmiştir.

Etkinlik 4: Akımı Tanımaya Başlayalım

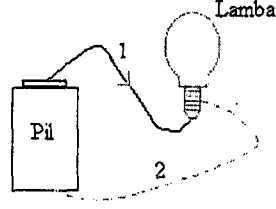
Potansiyel farkı kavramı öğrenciler tarafından iyice anlaşıldıktan sonra, bu kısımdaki etkinlik akım kavramının sunulduğu bir giriş aşamasıdır. Bu etkinlikte öncelikle, öğrencilerden tek pil ve lambadan oluşan bir devrede lambanın ışık verme sebebinin ne olduğu konusunda açıklama yapmaları istenilmiştir

Öğrenciler açıklamalarını yaptıktan sonra akım kavramı ile ilgili olarak aşağıdaki açıklama öğretmen tarafından yapılır.

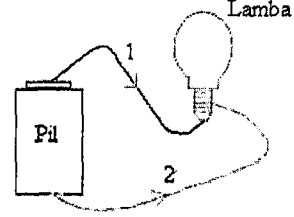
Pilin sağladığı potansiyel farkı sayesinde devrede düzenli bir yük akışı olur ve bu yükün akış hızının ölçüsü akım olarak isimlendirilmektedir.

Akım kavramı ile ilgili açıklamadan sonra öğretmen tarafından aşağıda verilen beş devre şekli asetattan sunulmaktadır.

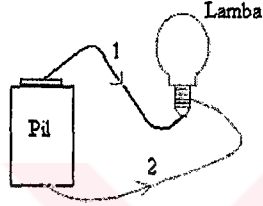
Size göre elektrik akımı ile ilgili olarak sunulan beş devre ve altlarındaki ifadelerden hangisi doğrudur?



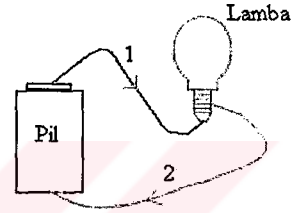
Pilin üst kısmından 1 teli sayesinde lambaya gelen elektrik akımı lambanın yanmasına sebep olur. 2 nolu telden akım geçmez.



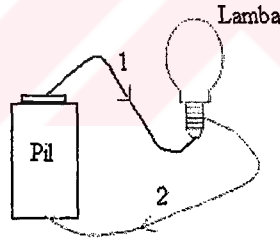
Pilden lambaya her iki teldende eşit miktarda akım gelir ve bunlar lamba içinde çarpışarak lambayı yakarlar



Pilden lambaya her iki teldende akım gelir ve lambada birleşerek lambayı yakarlar. 1 teli sayesinde gelen pozitif akım 2 teli ile gelen negatif akımdan daha büyüktür



Yönü pilin üst kısmından alt kısmına doğru olan bir akım vardır. Her iki telde de akımın büyüklüğü eşittir.



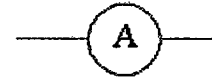
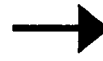
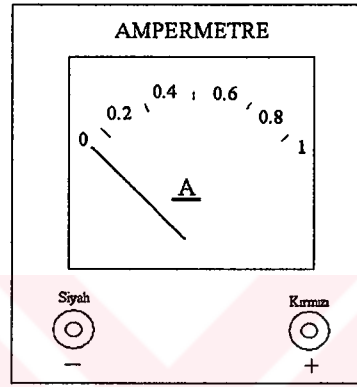
Yönü pilin üst kısmından alt kısmına doğru olan bir akım vardır. Akım lambada harcandığı için 1 nolu teldek akım 2 dekenden daha büyüktür.

Bu etkinliğin sonunda ampermetreler, öğretmen tarafından aşağıdaki şekilde öğrencilere tanıtılmaktadır.

AMPERMETRE

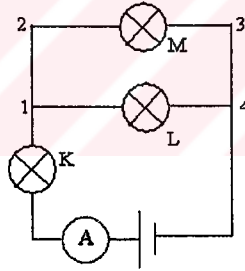
Ampermetreler elektrik akımının değerini ölçmeye yarayan aletlerdir. Devrede herhangi bir koldan geçen elektrik akımını ölçmek için;

- Ampermetre bu kola seri olarak bağlanır,
 - ibrenin gösterdiği değer bu koldan geçen elektrik akımının değeridir.
- Aşağıdaki şekilde bir ampermetrenin şekli ve devredeki gösterimi verilmektedir.

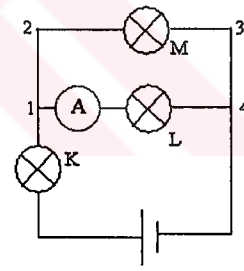


Ampermetrelerin devredeki gösterimi

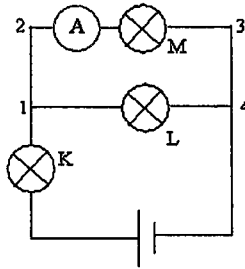
Herhangi bir devrede ampermetrelerin nasıl kullanıldığı ile ilgili aşağıda şekiller verilmiştir.



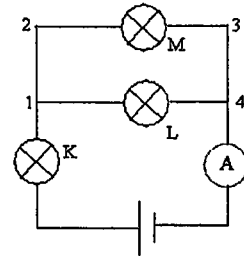
Ana kol ve K lambasından geçen akımı ölçer



B lambasından geçen akımı ölçer.



M lambasından geçen akımı ölçer

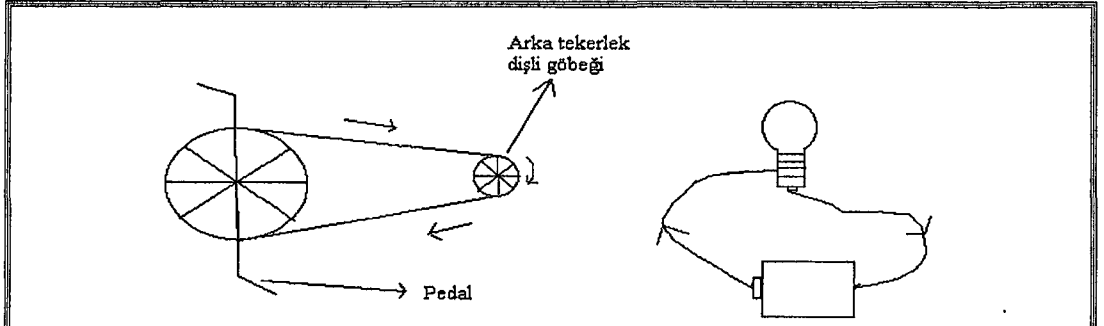


Ana kol ve K lambasından geçen akımı ölçer

Etkinlik 5: Bir Devreden Geçen Akımı Daha Yakından İnceleyelim

Öğrenciler genellikle akımın devre elemanlarınca harcandığını düşünmektedir. Bu etkinlik ile bunun doğru olmadığı üzerinde durulmaktadır ve öğrencilerin bunu anlamalarına izin vermek amaçlanmaktadır. Kullanılan ampermetre sayısı ve bağlantı şekline aynen uyulmalıdır.

Etkinlik 5'in sonunda öğretmen tarafından sınıfa aşağıdaki benzetme asetattan sunulmaktadır.



bisikletin pedalı → pile,
zincirler → iletken tele,
Arka tekerlek dişli göbeği → akıma,
arka tekerlek dişli göbeği → lambaya

benzetilmiştir.

Aşağıdaki açıklama öğretmen tarafından sunulmaktadır.

Burada olay sadece bir benzetmedir, birebir anlamda tamamıyla bir bisiklet pedal sistemi ile elektrik devresi birbirinin aynısı değildir. Sizler, elektrik devresinin çalışmasını daha iyi anlayasınız diye böyle benzetme yoluna başvurulmuştur.

Eğer bisikletin pedalını çevirmezsek arka tekerlek dişli göbeği dönmeyecektir. Elektrik devresinde de pili devreye bağlamazsak lamba yanmaz. Zincirlerde herhangi bir problem olduğunda örneğin zincir koptuğunda pedalı çevirsek de arka tekerlek dişli göbeği dönmeyecektir. Devrede de iletken tellerde bağlantı kopukluğu olduğunda pil devreye bağlı olmasına rağmen lamba yanmayacaktır.

Bisikletin pedalını çevirdiğimiz anda zincirin bütün halkaları ve arka tekerlek dişli göbeği de aynı anda, aynı hızda ve aynı yönde dönmektedir.. Elektrik devresinde de akım devrenin her yerinde aynı değerde ve aynı yöndedir.

Etkinlik 6: Lambaları Değişik Şekillerde Bağlayalım

Öğrencilerin büyük çoğunluğu tarafından piller sabit akım kaynağı olarak görülebilmektedir. Bu etkinlikte, her seferinde aynı pilin kullanıldığı dört farklı devre şeklinde pillerin devrede sabit akım kaynağı değil sabit potansiyel farkı kaynağı olduğunu göstermek amaçlanmıştır.

Etkinlik 6' nın sonunda Öğretmen tarafından sınıfa pillerle ilgili 3. açıklama aşağıdaki biçimde yapılmaktadır.

Yapılan bu etkinlik 6 da görüldüğü gibi pillerin uçlarındaki potansiyel farkı aynı iken akım değerleri birbirinden farklı olabilmektedir. Bunun nedeni pilin içinde meydana gelen kimyasal reaksiyonların farklı oranlarda olmasıdır. Aynı pilin kullanıldığı farklı devre bağlantılarında, pilin potansiyel farkı sabit kalırken devredeki akım azalabilir veya artabilir.

Bölüm 3: Potansiyel farkı-Enerji, Potansiyel farkı-Akım Farkları Nedir?

Bir önceki bölümde yer alan etkinliklerle öğrencilerin potansiyel farkı ve akım kavramlarını anlamaları sağlandıktan sonra bu kavramların bir birinden farkını ortaya koymak bu bölümün amacıdır.

Potansiyel farkı, akım ve enerji kavramlarının öğrenciler tarafından anlaşılmasının zorluğu bir tarafa, öğrenciler tarafından çoğunlukla birbirleri yerine kullanılan kavramlar oldukları için bu kavramların birbirinden farkının ortaya konulması oldukça önemlidir.

Bölümün Amaçları

Öğrencilerin,

- 1- potansiyel farkı ve enerji kavramları arasındaki farkı kavramalarını,
- 2- potansiyel farkı ve akım kavramları arasındaki farkı kavramalarını,

sağlamak şeklinde planlanmıştır.

Etkinlik 1: Potansiyel Farkı ve Enerji Aynı Şeyler midir?

Bu etkinlikte, potansiyel farkı - enerji kavramları arasındaki farkı ortaya koymak amaçlanmıştır. İki özdeş lambaya bağlanmış 1.5 V' luk biri büyük diğeri küçük iki tane pil kullanılarak oluşturulan şekil 4.12' deki iki devrede öğrencilerden lambaların parlaklığını ve piller bitene kadar beklenilseydi hangi pilin daha çabuk biteceğini tahmin etmeleri ve tahminlerini doğrulamaları istenilmiştir. Ardından öğrencilerden devreleri kurmaları ve yaptıkları tahminlerini gözlemleriyle karşılaştırmaları istenilmiştir. Ayrıca her iki devrede de lambaların her iki yanına birer ampermetre yerleştirilerek, öğrencilerin devrede akımın lamba tarafından harcanmadığını bir kez daha görmelerine olanak sağlanmak istenmiştir.

Etkinlik 2: Potansiyel Farkı ve Akım Aynı Şeyler midir?

Potansiyel farkı – akım kavramlarının birbirinden farkını ortaya koymanın amaçlandığı bu etkinlikte kullanılan devrede bir tane voltmetre, bir ampermetre ve bir lamba bilinçli olarak seri bağlanmıştır. Öncelikle öğrencilerden verilen bu devrede, lambanın yanıp yanmayacağı, ampermetre ve voltmetrenin ibrelerinin sapıp sapmayacağı konusunda tahmin ve açıklama yapmaları istenilmiştir.

Bölüm 4: Ohm Yasası

Bu bölüm, direnç ve eşdeğer direnç kavramlarının ilk olarak tanıtıldığı bölümdür. Bir iletkenin direnç değerini belirleyebilmek için kullanılan ohm metrelerin takdiminden sonra ohm yasası sunulmuş ve ardından bir birine özdeş dirençlerin seri ve paralel bağlanmaları durumunda devrenin eşdeğer direncinin nasıl bulunacağı ile ilgili formüllere öğretmen tarafından öğrencilerle beraber yapılan deneyler sonucunda ulaşılmıştır. Karışık bağlama durumunda ise devrenin eşdeğer direncini öğrencilerin kendisinin bulması istenmiştir.

Bölümün Amaçları:

Öğrencilerin,

- 1- direnç kavramını anlamalarını,
- 2- ohm yasasını anlamalarını,
- 3- dirençlerin seri bağlanması durumunda eşdeğer direnci hesapla ve ölçümle bulabilmelerini,
- 4- dirençlerin paralel bağlanması durumunda eşdeğer direnci hesapla ve ölçümle bulabilmelerini,
- 5- dirençlerin karışık bağlanması durumunda eşdeğer direnci hesapla ve ölçümle bulabilmelerini,

sağlamak şeklinde planlanmıştır..

Etkinlik 1: Direnci Tanıyalım

Direnç kavramının nitel olarak sunulduğu kısımdır. Öğrencilerin direnç kavramını kolaylıkla anlamalarını amaçlayan bu aktivitede, özdeş olmayan biri büyük diğeri küçük iki lambanın özdeş pillere bağlanarak oluşturulan iki farklı devre ile öğrencilerden ampermetreler ile her iki devreden geçen akım değerlerini ölçmeleri ve ölçüm sonuçlarını tartışmaları istenilmiştir.

Ardından, öğretmen tarafından aşağıdaki açıklama sunulmaktadır.

Devrede kullanılan bu yeni eleman direnç olarak isimlendirilmektedir. Lamba da bir dirençtir (lambalar üzerlerinden akım geçince ışık veren dirençlerdir).

(Öğrencilere dirençlerin değerini ölçmek için kullanılan ohm metreler tanıtılıp, Ohm un direnç birimi olduğu ifade edilmektedir).

Etkinlik 2: Ohm Yasasına Giriş

Ohm yasasının sunulduğu bu kısımda, verilen devrede, öğrencilerden güç kaynağının kademesini sırasıyla 2, 4, 6 Volt' a getirmeleri ve her seferinde direnç üzerinden geçen akımı ve direncin potansiyel farkını ölçmelerini ve kendilerine verilen tabloya yazmaları istenmiştir. Her seferinde buldukları direncin uçları arasındaki potansiyel farkı direnç üzerinden geçen akıma oranlamaları ve elde ettikleri sonuçları yorumlamaları da istenilmiştir.

Bu etkinlik sonunda öğretmen tarafından sınıfa aşağıdaki açıklama sunulur.

Güç kaynağının potansiyel farkı kademesini (2,4,6 Volt) arttırdıkça devreden geçen akım ve direncin uçları arasındaki potansiyel farkı değerlerinin her ikisinin de aynı oranda arttığını ve V/I değerlerini hesapladığımızda ise her bir durum için bu oranın eşit olduğunu gözlemlediniz.

*Her durumda sabit çıkan bu V/I oranı, iletkenin direnci (**R**) olarak isimlendirilmektedir ve*

$$R = \frac{V}{I} \text{ bağıntısı ohm yasası olarak ifade edilmektedir.}$$

Etkinlik 3: Seri Bağlı Bir Devre İnceleyelim

Seri bağlı dirençlerin eşdeğer direncini bulabilmek amacıyla öğrencilerden, birbirine seri bağlı özdeş iki direnç ile kurulmuş devrede her bir direncin ve güç kaynağının potansiyel farkını ve devreden geçen akım değerini ölçmeleri istenilmiştir. Ölçümlerin ardından öğrencilerden, güç kaynağı ve her bir direncin uçları arasındaki potansiyel farkını arasındaki matematiksel bağıntıyı arkadaşlarıyla tartışarak bulmalarını istenilmiştir.

Öğretmen tarafından aşağıdaki açıklama sunulmaktadır.

Paralel bağlı bu devrede $V_{\text{güç kaynağı}} = V_1 = V_2$ ve $I_1 = I_2 + I_3$ olduğunu gözlemlediniz.

$R = \frac{V}{I}$ bağıntısında akımı (I) çekersek $I = \frac{V}{R}$ bağıntısını elde ederiz. Bu bağıntıyı $I_1 = I_2 + I_3$ bağıntısında yerine yazarsak

$$\frac{V_{\text{güç kay}}}{R_{\text{eş}}} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \text{ bağıntısını elde ederiz. } V_{\text{güç kaynağı}} = V_1 = V_2 \text{ olduğundan,}$$

$$\frac{1}{R_{\text{eş}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ elde edilir. Paralel bağlı dirençlerde eşdeğer direnç bu formülle bulunur.}$$

Bu açıklamalardan sonra öğrencilere, aşağıdaki işlem sırasında ohm metre ile ölçümler yaptırılmıştır:

- Devreden güç kaynağını, ampermetre ve voltmetreleri çıkartınız.
- Güç kaynağının yerine ohm metreyi takınız.
- Ohm metre ile ölçülen değerle, hesaplama sonucunda bulduğunuz direnç değerlerini karşılaştırınız.

Sonuçta öğrenciler seri bağlı dirençleri temsil eden eşdeğer direnci formülle nasıl bulacaklarını öğrendikten sonra yaptıkları hesaplamaların doğruluğunu ise ohm metre ile ölçüm yaparak test etmişlerdir.

Etkinlik 4: Paralel Bağlı Bir Devre İnceleyelim

Paralel bağlı dirençlerin eşdeğer direncini bulabilmek amacıyla öğrencilerden, birbirine paralel bağlı özdeş iki direnç ile kurulmuş devrede her bir direncin ve güç kaynağının potansiyel farkını ve ana kol ve dirençler üzerinden geçen akımı ölçmeleri istenilmiştir.

Etkinlik 5: Karışık Bağlı Bir Devre İnceleyelim

Burada karışık bağlı (paralel bağlı iki direnç ve bunlara seri bağlı başka bir direnç) dirençlerin eşdeğer direncini bulabilmek amacıyla öğrencilerden, birbirine paralel bağlı iki direnç ve onlara seri bağlı özdeş üç direnç ile kurulmuş devrede her bir direncin ve güç kaynağının uçları arasındaki potansiyel farkını ve ana kol ile dirençler üzerinden geçen akım değerlerini ölçmeleri istenilmiştir.

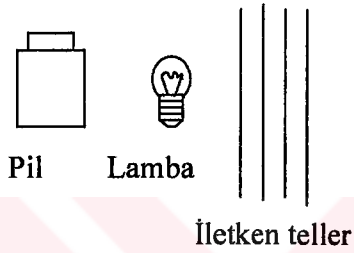


Bölüm 1 Elektrik Devrelerine Giriş

Etkinlik 1 Lamba Işık Verecek mi?

Arac gereçler: 1.5 Voltluk bir pil, bir lamba ve dört adet krokodilli iletken tel.

1. Aşağıdaki şekilde görülen malzemeleri kullanarak, lambanın ışık vermesini nasıl sağlarsınız (malzemelerin hepsini kullanmak zorunluluğunuz yoktur)? Çiziminizi yapınız.

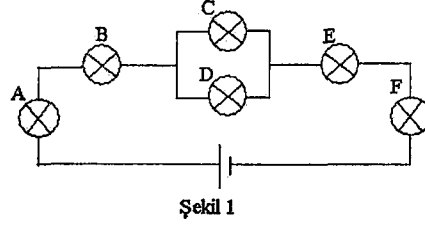


2. Masanızın üzerinde bulunan malzemeleri kullanarak, çiziminize göre kurduğunuz devrede lambanın ışık verip vermediğini doğrulayınız. Lamba ışık veriyor mu ?
3. Eğer lamba ışık vermiyorsa deneyerek lamba ışık verinceye kadar değişik bağlantılarla lambanın ışık vermesini sağlayınız. Lamba ışık verdikten sonraki devre şeklini defterinize çiziniz. Lambanın ışık vermesi için neler denediğinizi ve iki çizim arasındaki farkları yazınız.

Etkinlik 2 Basit Bir Devre Kuralım

Araç gereçler: Bir adet güç kaynağı, altı adet ampul, iki adet krokodilli iletken tel ve dört adet iletken şerit.

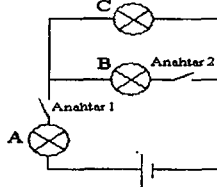
1. Şekil 1 deki devrede bütün lambalar özdeşdir ve lambaların hepsi ışık vermektedir.



- Lambaların parlaklıklarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız.
- Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.
- Masanızın üzerindeki aletleri kullanarak, şekil 1 deki devreyi kurunuz. Kurduğunuz devreyi öğretmeninize gösterdikten sonra güç kaynağını açınız.
- Lambaların parlaklıkları ile ilgili verdiğiniz cevabın doğru olup olmadığını kontrol ediniz. Verdiğiniz cevap doğru mu? Verdiğiniz cevap deneysel sonuçtan farklı mı? Eğer farklıysa bunun nedenini açıklamaya çalışınız.

2. Şekil 2 de A,B,C lambaları özdeşdir ve anahtarlar açıktır.

Araç gereçler: Bir adet güç kaynağı, üç adet ampul, iki adet anahtar, 2 adet krokodilli iletken tel ve iki adet iletken şerit.

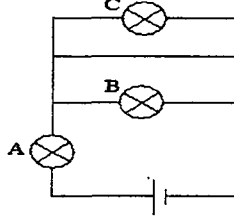


Şekil 2

- Yalnız anahtar 1 kapatıldığında hangi lambalar ışık verir? Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.
- Yalnız anahtar 2 kapatıldığında hangi lambalar ışık verir? Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.
- Her iki anahtar da kapatıldığında hangi lambalar ışık verir? Işık veren lambaların parlaklıklarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız. Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız
- Şekil 2 deki devreyi kurunuz. Kurduğunuz devreyi öğretmeninize gösterdikten sonra güç kaynağını açınız.
- Anahtar 1'i kapatınız, verdiğiniz cevap ile deneysel sonucu karşılaştırınız.
- Anahtar 2'yi kapatınız, verdiğiniz cevap ile deneysel sonucu karşılaştırınız.
- Her iki anahtarı da kapatın, verdiğiniz cevap ile deneysel sonucu karşılaştırınız.

3. Şekil 3 de A,B,C lambaları özdeşdir.

Araç gereçler: Bir adet güç kaynağı, üç adet ampul, iki adet krokodilli iletken tel, beş adet iletken şerit.



Şekil 3

- Lambaların parlaklıklarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız.
- Verdiğiniz cevabı kısaca açıklayınız.
- Şekil 3 deki devreyi kurunuz. Kurduğunuz devreyi öğretmeninize gösterdikten sonra güç kaynağını açınız.
- Lambaların parlaklıkları ile ilgili verdiğiniz cevabın doğru olup olmadığını kontrol ediniz. Verdiğiniz cevap doğru mu? Verdiğiniz cevap deneysel sonuçtan farklı mı? Eğer farklıysa bunun nedenini açıklamaya çalışınız.

Bölüm 2 Potansiyel Farkı Nedir? Akım Nedir?

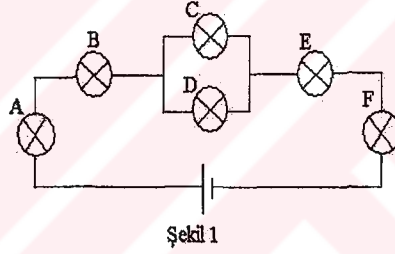
Etkinlik 1 Pilleri İnceleyelim

- Pilin üzerinde yazılı “V(volt)” kelimesi size göre ne anlama geliyor, kısaca açıklayınız.
- Pilin devredeki rolü nedir? Kısaca açıklayınız.

Etkinlik 2 Potansiyel Farkını Nasıl Ölçeriz?

Arac gereçler: Bir adet güç kaynağı, altı adet ampul, iki adet krokodilli iletken tel ve dört adet iletken şerit

- Herhangi bir pilin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçün ve pilin üzerindeki değerle karşılaştırın. Her iki değeri de yazınız. Aralarında bir fark var mı?
- Masanızdaki güç kaynağının ayar düğmesini sıfır konumuna getiriniz. Fişi prize takınız. Güç kaynağı bu haldeyken uçlarının potansiyel farkını ölçün. Ayar düğmesini sırasıyla 2, 4, 6, 8, 10, 12 Volt konumuna getiriniz ve her bir durum için voltmetreyle güç kaynağının potansiyel farkını ölçün. Gözlemlerinizi arkadaşlarınızla tartışınız.
- Önceki dersinizde kurduğunuz şekil 1 deki devreyi tekrar kurunuz.



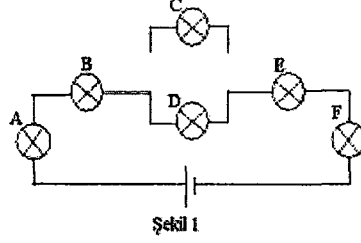
Şekil 1

- Kurduğunuz bu devrede pilin ve lambaların her birinin uçları arasındaki potansiyel farkını voltmetreyle ölçerek aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Pilin potansiyel farkı (Volt)	Lambaların potansiyel farkı (Volt)					
	A	B	C	D	E	F

- Şekil 1 deki devrede iletken tellerin uçlarındaki potansiyel farkını ölçün. Ne gözlemlediniz? (Gözlemlerinizi arkadaşlarınızla tartışınız)

- Şekil 1 deki devrede C lambasını yerinden çıkarınız.



- Bu devrede de pilin ve lambaların her birinin uçları arasındaki potansiyel farkını voltmetreyle ölçerek aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Pilin potansiyel farkı (Volt)	Lambaların potansiyel farkı (Volt)				
	A	B	D	E	F

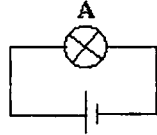
Gözlemlerinizi arkadaşlarınızla tartışınız.

8. Devrede iletken tellerin uçlarındaki potansiyel farkını ölçün. Ne gözlemlediniz? Gözlemlerinizi arkadaşlarınızla tartışınız.

Etkinlik 3 Pilleri Değişik Şekillerde Bağlayalım

Araç gereçler: 1.5 Voltluk iki adet pil, bir ampul, iki adet pil yatağı, dört adet krokodilli iletken tel.

1. Şekil 1 deki devreyi kurunuz.



Şekil 1

- Pilin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; $V_{\text{pil}}: \dots\dots V$
- Lambanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; $V_{\text{lamba}}: \dots\dots V$
- Ölçüm sonuçlarınızı arkadaşlarınızla tartışınız

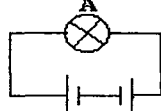
2. Şekil 2 de, şekil 1 deki pile özdeş ikinci pil devreye bağlanıyor.



Şekil 2

- Lambanın parlaklığı şekil 1 dekine göre nasıl değişir, kısaca açıklayınız.
- Devreyi kurunuz, cevabınız ile deneysel sonuç uyuyor mu? Kısaca açıklayınız.
- İki pilin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; $V_{\text{pil}}: \dots\dots V$
- Lambanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; $V_{\text{lamba}}: \dots\dots V$
- Bu sonuçları Şekil 1 deki potansiyel farkı değerleriyle karşılaştırın.

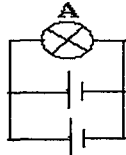
3. Şekil 3 de, şekil 1 deki pile özdeş ikinci pil devreye şekildeki gibi bağlanıyor.



Şekil 3

- Lambanın parlaklığı şekil 1 dekine göre nasıl değişir, kısaca açıklayınız.
- Devreyi kurunuz, cevabınız ile deneysel sonuç uyuyor mu? Kısaca açıklayınız.
- İki pilin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; V_{pil} : V
- Lambanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; V_{lamba} : V
- Bu sonuçları Şekil 2 deki potansiyel farkı değerleriyle karşılaştırın.

4. Şekil 4 de, şekil 1 deki pile özdeş ikinci pil devreye şekildeki gibi bağlanıyor.

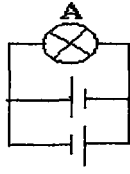


Şekil 4

- Lambanın parlaklığı şekil 1 dekine göre nasıl değişir, kısaca açıklayınız.
- Devreyi kurunuz, cevabınız ile deneysel sonuç uyuyor mu? Kısaca açıklayınız.

- İki pilin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; $V_{\text{pil}}: \dots\dots V$
- Lambanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; $V_{\text{lamba}}: \dots\dots V$
- Bu sonuçları Şekil 1 deki potansiyel farkı değerleriyle karşılaştırın.

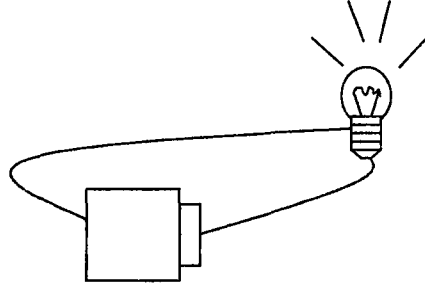
5. Şekil 5 de, şekil 1 deki pile özdeş ikinci pil devreye şekildeki gibi bağlanıyor.



Şekil 5

- Lambanın parlaklığı şekil 1 dekine göre nasıl değişir, kısaca açıklayınız.
- Devreyi kurunuz, cevabınız ile deneysel sonuç uyuyor mu? Kısaca açıklayınız.
- İki pilin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; $V_{\text{pil}}: \dots\dots V$
- Lambanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz; $V_{\text{lamba}}: \dots\dots V$
- Bu sonuçları Şekil 4 deki potansiyel farkı değerleriyle karşılaştırın.

Etkinlik 4 Akımı Tanımaya Başlayalım



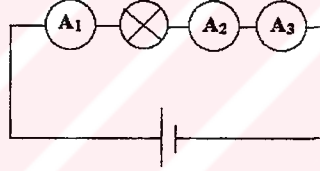
Sizce yukarıdaki devrede lambanın ışık vermesinin sebebi nedir? Kısaca açıklayınız.

Etkinlik 5 Bir Devreden Geçen Akımı Daha Yakından İnceleyelim

Arac gereçler: Bir adet güç kaynağı, üç adet ampermetre, bir adet ampul ve beş adet krokodilli iletken tel.

- Aşağıdaki devrede A_1 ampermetresinin gösterdiği akım değeri 0.06 Amperdir. A_2 ve A_3 ampermetrelerinin gösterdiği akım değerleri için aşağıda verilen ifadelerden size göre doğru olanın yanındaki kutucuğa X işareti koyunuz. Cevabınızı kısaca açıklayınız.

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> $A_2=0.05$ Amper | <input type="checkbox"/> $A_3 = 0.04$ Amper |
| <input type="checkbox"/> $A_2=0.06$ Amper | <input type="checkbox"/> $A_3 = 0.05$ Amper |
| <input type="checkbox"/> $A_2=0.06$ Amper | <input type="checkbox"/> $A_3 = 0.06$ Amper |
| <input type="checkbox"/> $A_2=0.07$ Amper | <input type="checkbox"/> $A_3 = 0.08$ Amper |



Şekildeki devreyi kurunuz.

- Her bir ampermetreden geçen akım değerini okuyarak not ediniz.

$$A_1 = \dots\dots A$$

$$A_2 = \dots\dots A$$

$$A_3 = \dots\dots A$$

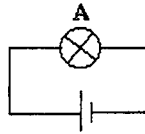
- Cevaplarınız ile deneysel sonuçlar arasında bir fark var mı ? Eğer farklı ise bunun nedenini açıklamaya çalışınız.

Etkinlik 6 Lambaları Değişik Şekillerde Bağlayalım

Araç gereçler: Bir adet güç kaynağı, üç adet ampul, bir adet voltmetre, üç adet ampermetre, yedi adet krokodilli iletken tel ve iki adet iletken şerit

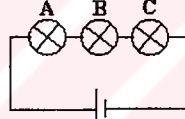
- Şekil 1 deki devrede A lambası ışık vermektedir. Devreye uygulanan potansiyel farkı 4.5 Volt ve devreden geçen akım değeri 0.06 A dır. Size göre A lambasının uçları arasındaki potansiyel farkı kaç voltur?

$$V_A = \dots V$$



Şekil 1

- ❖ Şekil 1 deki A lambasına özdeş B ve C lambaları Şekil 2 deki gibi devreye bağlanıyor.



Şekil 2

1. B ve C lambaları devreye bağlandıktan sonra, A lambasının parlaklığı şekil 1 dekine göre nasıl değişir? Cevabınızı kısaca açıklayınız.
2. Size göre her bir lambanın ve pilin uçları arasındaki potansiyel farkı ve devreden geçen akım değerleri ne olur? Tahmininizi aşağıdaki tabloya kaydediniz. Cevabınızı kısaca açıklayınız.

V_A	V_B	V_C	V_{pil}	I
.....

Açıklama:

3. Şekil 1 deki devreyi kurunuz. 3 adet 1.5 Voltluk pili seri bağlayınız. Devreye bir ampermetre bağlayınız ve devreden geçen akımı ölçün, $I = \dots A$. Pillerin ve A lambasının potansiyel farklarını ölçün, $V_{pil} = \dots V$, $V_A = \dots V$

4. Şekil 2 deki devreyi kurunuz. A lambasının parlaklığı nasıl değişti? 1. soruya verdiğiniz cevap ile deneysel sonuç uyuyor mu? Kısaca açıklayınız.

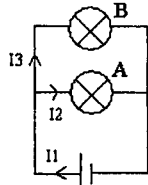
5. Devreye seri olarak bir ampermetre bağlayınız ve devreden geçen akımı ölçün, $I = \dots A$. 2.soruda akım için yaptığınız tahmin ile deneysel sonuç uyuyor mu? Arkadaşlarınızla kısaca tartışınız.

6. A,B,C lambalarının ve pilin potansiyel farkı değerlerini tek bir voltmetre kullanarak sırayla ölçün ve aşağıdaki tabloya kaydedin.

V_A	V_B	V_C	V_{pil}
.....

Cevabınız ile deneysel sonuç uyuyor mu? Arkadaşlarınızla kısaca tartışınız.

❖ Şekil 1 deki A lambasına özdeş B lambası Şekil 3 deki gibi devreye bağlanıyor.



Şekil 3

1. B lambası devreye bağlandıktan sonra, A lambasının parlaklığı şekil 1 dekine göre nasıl değişir? Cevabınızı kısaca açıklayınız.

2. Size göre her bir lambanın ve pilin uçları arasındaki potansiyel farkı ve I_1 , I_2 , I_3 akım değerleri ne olur? Tahmininizi aşağıdaki tabloya kaydediniz. Cevabınızı kısaca açıklayınız.

V_A	V_B	V_{pil}	I_1	I_2	I_3
.....

Açıklama:

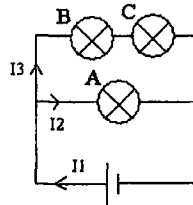
3. Şekil 3 deki devreyi kurunuz. A lambasının parlaklığı nasıl değişti? 1. soruya verdiğiniz cevap ile deneysel sonuç uyuyor mu? Kısaca açıklayınız.

4. I_1 , I_2 , I_3 akım ve V_A , V_B , V_{pil} değerlerini ampermetre ve voltmetre kullanarak ölçünüz ve aşağıdaki tabloya kaydediniz.

V_A	V_B	V_{pil}	I_1	I_2	I_3
.....

Cevabınız ile deneysel sonuç uyuyor mu? Arkadaşlarınızla kısaca tartışınız.

- ❖ Şekil 3 deki devreye diğer lambalara özdeş C lambası B lambasına seri olarak bağlanıyor.



Şekil 4

1. A lambasının parlaklığı şekil 1 dekine göre nasıl değişir? Cevabınızı kısaca açıklayınız.

2. Size göre her bir lambanın ve pilin uçları arasındaki potansiyel farkı ve I_1 , I_2 , I_3 akım değerleri ne olur? Tahmininizi aşağıdaki tabloya kaydediniz. Cevabınızı kısaca açıklayınız.

V_A	V_B	V_C	V_{pil}	I_1	I_2	I_3
.....

Açıklama:

3. Şekil 4 deki devreyi kurunuz. A lambasının parlaklığı nasıl değişti? 1. soruya verdiğiniz cevap ile deneysel sonuç uyuyor mu? Kısaca açıklayınız.

4. I_1 , I_2 , I_3 akım ve V_A , V_B , V_{pil} değerlerini ampermetre ve voltmetre kullanarak ölçünüz ve aşağıdaki tabloya kaydediniz.

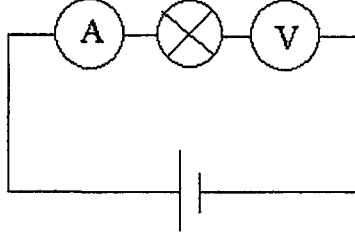
V_A	V_B	V_{pil}	I_1	I_2	I_3
.....

Cevabınız ile deneysel sonuç uyuyor mu? Arkadaşlarınızla kısaca tartışınız.

Bölüm 3 Potansiyel Farkı-Enerji, Potansiyel Farkı-Akım Kavramları Arasındaki Farklar Nelerdir?

Etkinlik 1 Potansiyel Farkı ve Enerji Aynı Şeyler midir?

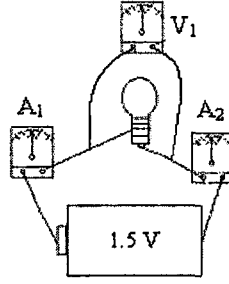
Arac gereçler: 1.5 Voltluk bir şışman ve bir kalem pil, iki adet ampermetre, iki adet voltmetre ve on iki adet krokodilli iletken tel.



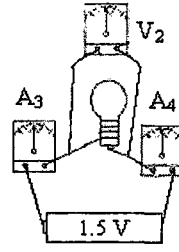
1. Sizce Şekildeki devrede lamba yanacak mıdır? Cevabınızı açıklayınız.
2. Ampermetre ve voltmetrenin ibreleri sapacak mıdır? Cevabınızı açıklayınız.
3. Şekildeki devreyi kurunuz. Cevaplarınız ile deneysel sonuçlar arasında bir fark var mı ? Eğer farklı ise bunun nedenini açıklamaya çalışınız.

Etkinlik 2 Potansiyel Farkı ve Akım Aynı Şeyler midir?

Araç gereçler: Bir adet güç kaynağı, bir adet ampul, bir ampermetre, bir voltmetre ve iki adet krokodilli iletken tel.



Şekil 1



Şekil 2

A kısmı

- Her iki şekildeki lambalar özdeştir. Hangi lamba daha parlak yanacaktır? Cevabınızı kısaca açıklayınız.
- A₁ ampermetresinden ölçülen akım değeri 0.04 A ise, diğer ampermetrelerden ölçülen değer kaç A dır? Cevabınızı kısaca açıklayınız.
A₁ =A, A₂ =A, A₃ =A
- V₁ ve V₂ voltmetrelerinden okunan değerler için aşağıda verilen cevaplardan size göre doğru olanın başındaki kutucuğa X işareti koyunuz. Cevabınızı kısaca açıklayınız.

V₁ > V₂

V₁ = V₂

V₁ < V₂

4. Her iki devreyi de kurunuz, ampermetrelerin ve voltmetrelerin gösterdiği değerleri okuyup defterinize not ediniz.

$$A_1 = \dots\dots A, \quad A_2 = \dots\dots A, \quad A_3 = \dots\dots A, \quad V_1 = \dots\dots V, \quad V_2 = \dots\dots V$$

5. Cevaplarınız ile deneysel sonuçları karşılaştırınız. Cevaplarınız ile deneysel sonuçlar arasında bir fark var mı ?Eğer farklı ise bunun nedenini açıklamaya çalışınız.

B kısmı

1. Piller bitene kadar bekleseydiniz size göre hangi pil daha önce biterdi? Cevabınızı kısaca açıklayınız.

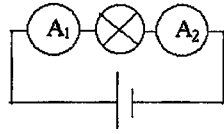
2. Piller bitene kadar bekleyiniz. Cevabınız ile deneysel sonucu karşılaştırınız. Cevaplarınız ile deneysel sonuçlar arasında bir fark var mı ? Eğer farklı ise bunun nedenini açıklamaya çalışınız.

Bölüm 4 Ohm Yasası

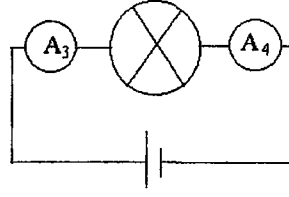
Etkinlik 1 Direnci Tanıyalım

Araç gereçler: İki adet güç kaynağı, dirençleri ve boyutları farklı iki adet ampul, dört adet ampermetre ve dört adet krokodilli iletken tel

Şekil 1 ve şekil 2 de piller özdeş, lambalar ise özdeş değildir.



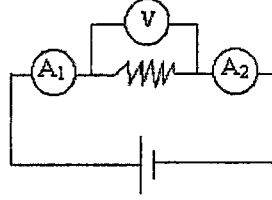
Şekil 1



Şekil 2

1. Şekil 1 deki devreyi kurunuz ve A_1 ve A_2 ampermetrelerinin gösterdiği değerleri yazınız;
 $A_1 = \dots\dots A$, $A_2 = \dots\dots A$
2. Şekil 2 deki devreyi kurunuz ve A_3 ve A_4 ampermetrelerinin gösterdiği değerleri yazınız;
 $A_3 = \dots\dots A$, $A_4 = \dots\dots A$
3. Ölçüm sonuçlarınızı arkadaşlarınızla tartışınız.

Etkinlik 2 Ohm Yasasına Giriş



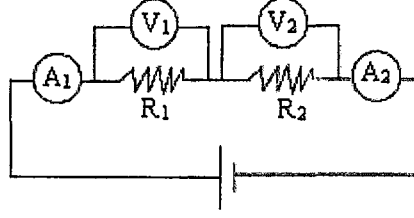
Arac gereçler: Güç kaynağı, iki adet ampermetre, bir adet voltmetre, bir adet direnç, altı adet krokodilli iletken tel.

Şekildeki devreyi kurunuz. Güç kaynağının kademesini 2 Volt'a getirin. Devreyi öğretmeninize gösterdikten sonra açınız

1. Ampermetrelerden akım (I) ve voltmetre den de potansiyel farkı (V) değerlerini okuyup aşağıdaki tabloya yazınız.
2. Güç kaynağının kademesini 4 Volt'a getirin. Akım ve potansiyel farkı değerlerini okuyup aşağıdaki tabloya yazınız.
3. Güç kaynağının kademesini 6 Volt'a getirin. Akım ve potansiyel farkı değerlerini okuyup aşağıdaki tabloya yazınız.
4. Her bir durum için V / I değerini tabloya yazınız ve çıkan sonucu yorumlayınız.

Güç kaynağının kademesi	A ₁	A ₂	V	V/I
2 Volt				
4 Volt				
6 Volt				

Etkinlik 3: Seri Bağlı Bir Devre İnceleyelim



Araç gereçler: Güç kaynağı, ik adet ampermetre, bir adet voltmetre, iki adet direnç, sekiz adet krokodilli iletken tel

Şekildeki devreyi kurunuz (dirençler özdeşdir $R_1=R_2$). Güç kaynağının kademesini 12 Volt'a getirin. Devreyi öğretmeninize gösterdikten sonra açınız

1. Ampermetrelerden akım, voltmetreden potansiyel farkı değerlerini okuyunuz ve aşağıdaki tabloya yazınız.

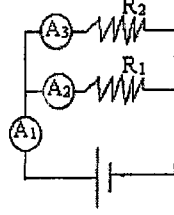
A_1	A_2	V_1	V_2	$V_{\text{güç kaynağı}}$

3. Ampermetrelerden geçen akım değerini karşılaştırın.

1. $V_{\text{güç kaynağı}}$, V_1 ve V_2 değerleri arasındaki matematiksel ilişkiyi bulunuz.

(Devreden güç kaynağını, ampermetre ve voltmetreyi çıkartınız. Güç kaynağının yerine ohmmetreyi takınız. Ohmmetre ile ölçülen değerle, hesaplama sonucunda bulduğunuz direnç değerlerini karşılaştırınız).

Etkinlik 4 Paralel Bağlı Bir Devre İnceleyelim



Araç gereçler: Güç kaynağı, üç adet ampermetre, bir adet voltmetre, iki adet direnç, sekiz adet krokodilli iletken tel.

Şekildeki devreyi kurunuz (dirençler özdeşdir $R_1=R_2$). Güç kaynağının kademesini 6 Volt'a getirin. Devreyi öğretmeninize gösterdikten sonra açınız

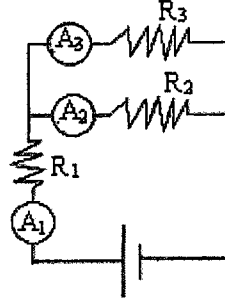
1. A_1 , A_2 , A_3 , ampermetrelerinden geçen I_1 , I_2 ve I_3 akım değerlerinin tabloya yazınız.
2. Her bir direnç üzerinden geçen akımı ve ana kol akımını karşılaştırınız.
3. Tek bir voltmetre kullanarak sırayla dirençlerin ve güç kaynağının potansiyel farkını okuyup aşağıdaki tabloya yazınız.

I_1 (A ₁)	I_2 (A ₂)	I_3 (A ₃)	V_1	V_2	$V_{\text{güç kay}}$

4. $V_{\text{güç kaynağı}}$, V_1 ve V_2 değerlerini karşılaştırınız.
5. I_1 , I_2 ve I_3 değerleri arasındaki matematiksel ilişkiyi bulunuz.

(Devreden güç kaynağını, ampermetre ve voltmetreleri çıkartınız. Güç kaynağının yerine ohmmetreyi takınız. Ohmmetre ile ölçülen değerle, hesaplama sonucunda bulduğunuz direnç değerlerini karşılaştırınız).

Etkinlik 5 Karışık Bağlı Bir Devre İnceleyelim



Arac gereçler: Güç kaynağı, üç adet ampermetre, bir adet voltmetre, üç adet direnç, on adet krokodilli iletken tel.

Şekildeki devreyi kurunuz (dirençler özdeşdir $R_1=R_2=R_3$). Güç kaynağının kademesini 12 Volt'a getirin. Devreyi öğretmeninize gösterdikten sonra açınız

1. A_1 , A_2 , A_3 ampermetrelerinden geçen I_1 , I_2 ve I_3 akım değerlerinin tabloya yazınız.

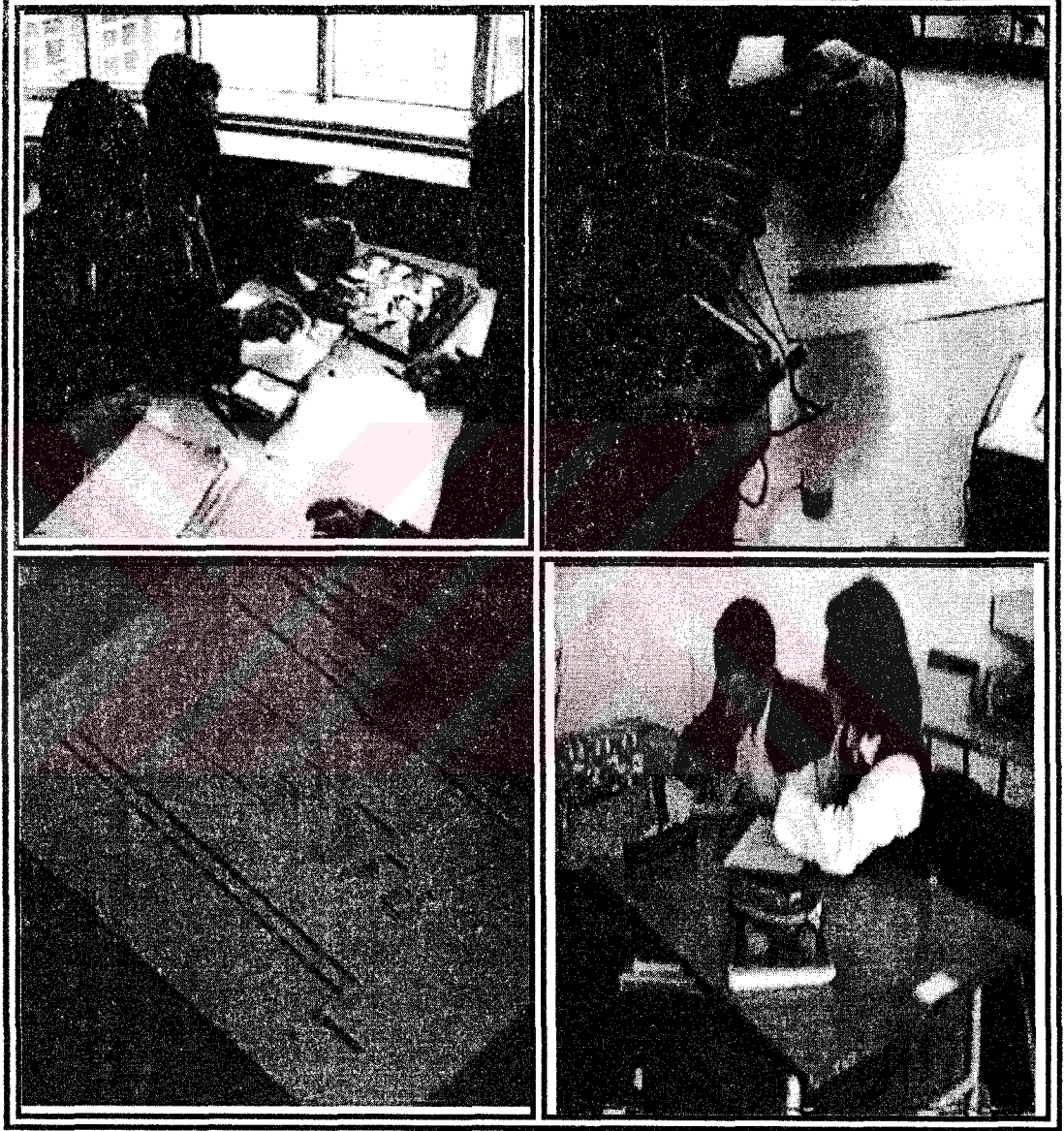
3. Tek bir voltmetre kullanarak sırayla dirençlerin ve güç kaynağının potansiyel farkını okuyup aşağıdaki tabloya yazınız.

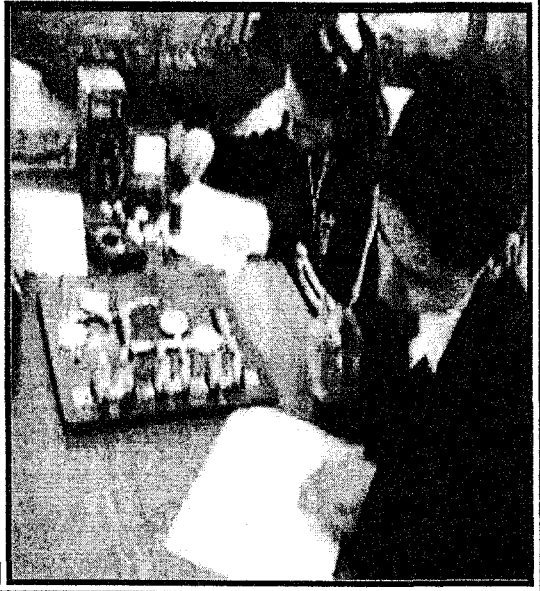
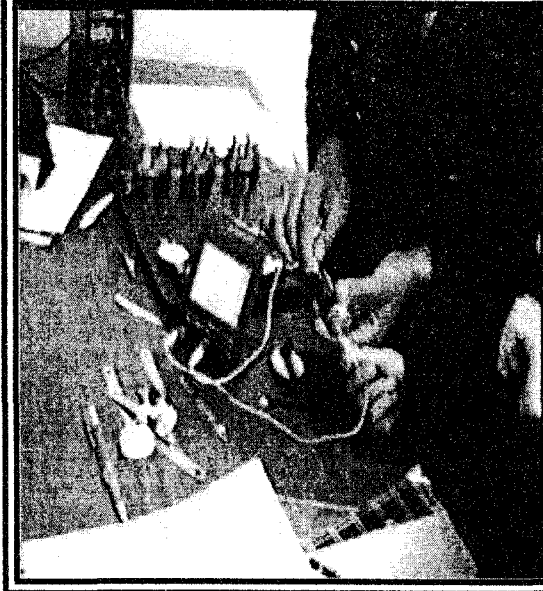
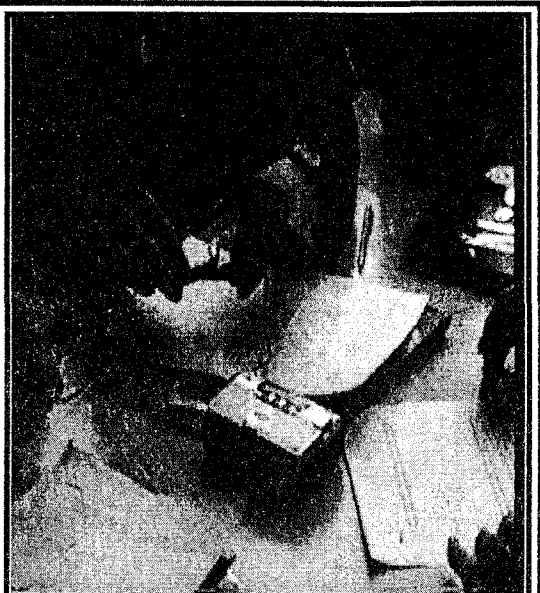
I_1 (A_1)	I_2 (A_2)	I_3 (A_3)	V_1	V_2	V_3	$V_{\text{güç kay}}$

3. Okuduğunuz akım, potansiyel farkı değerlerini ve ohm yasasını kullanarak devrenin eşdeğer direncini hesaplamaya çalışınız.

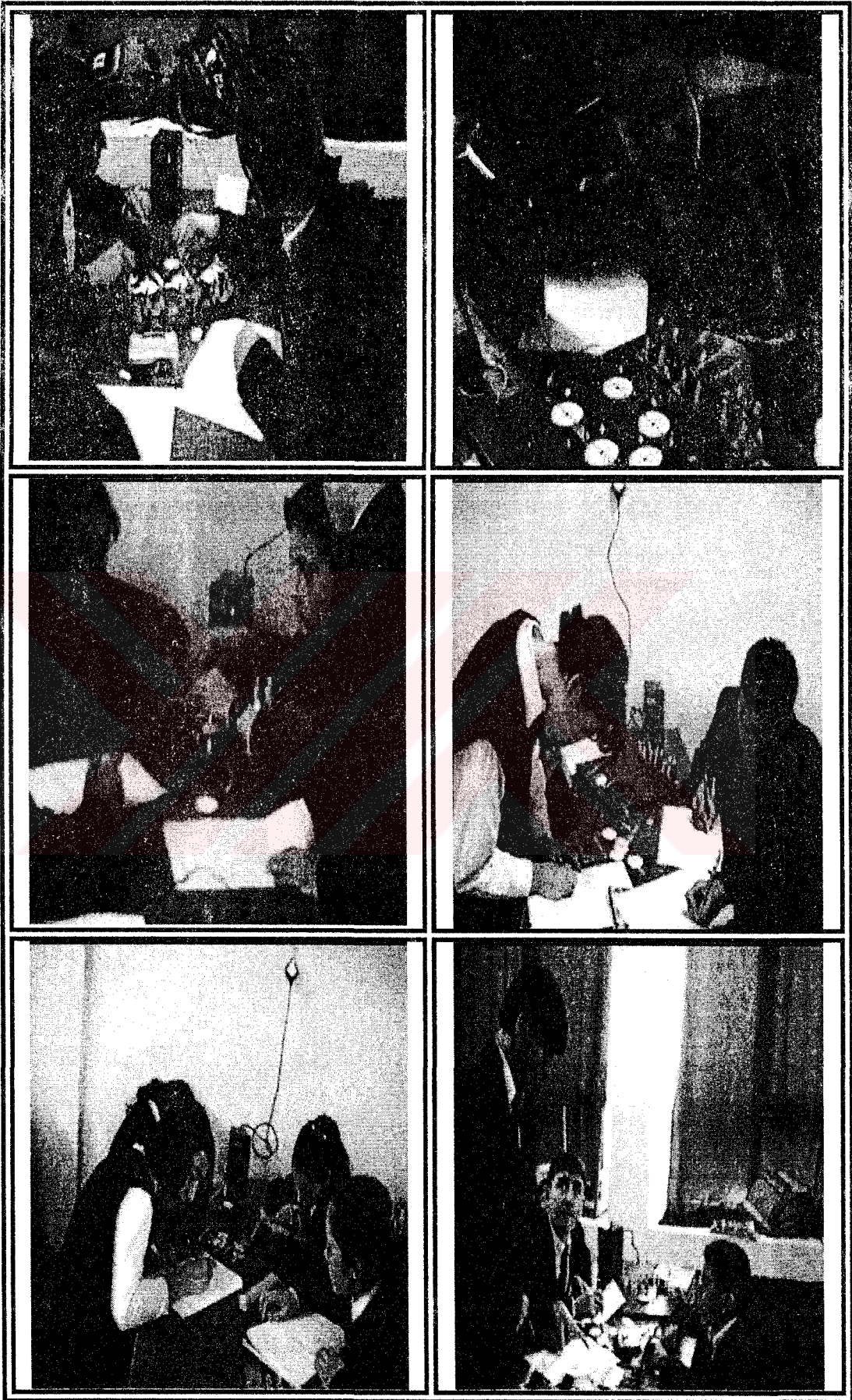
EK – B

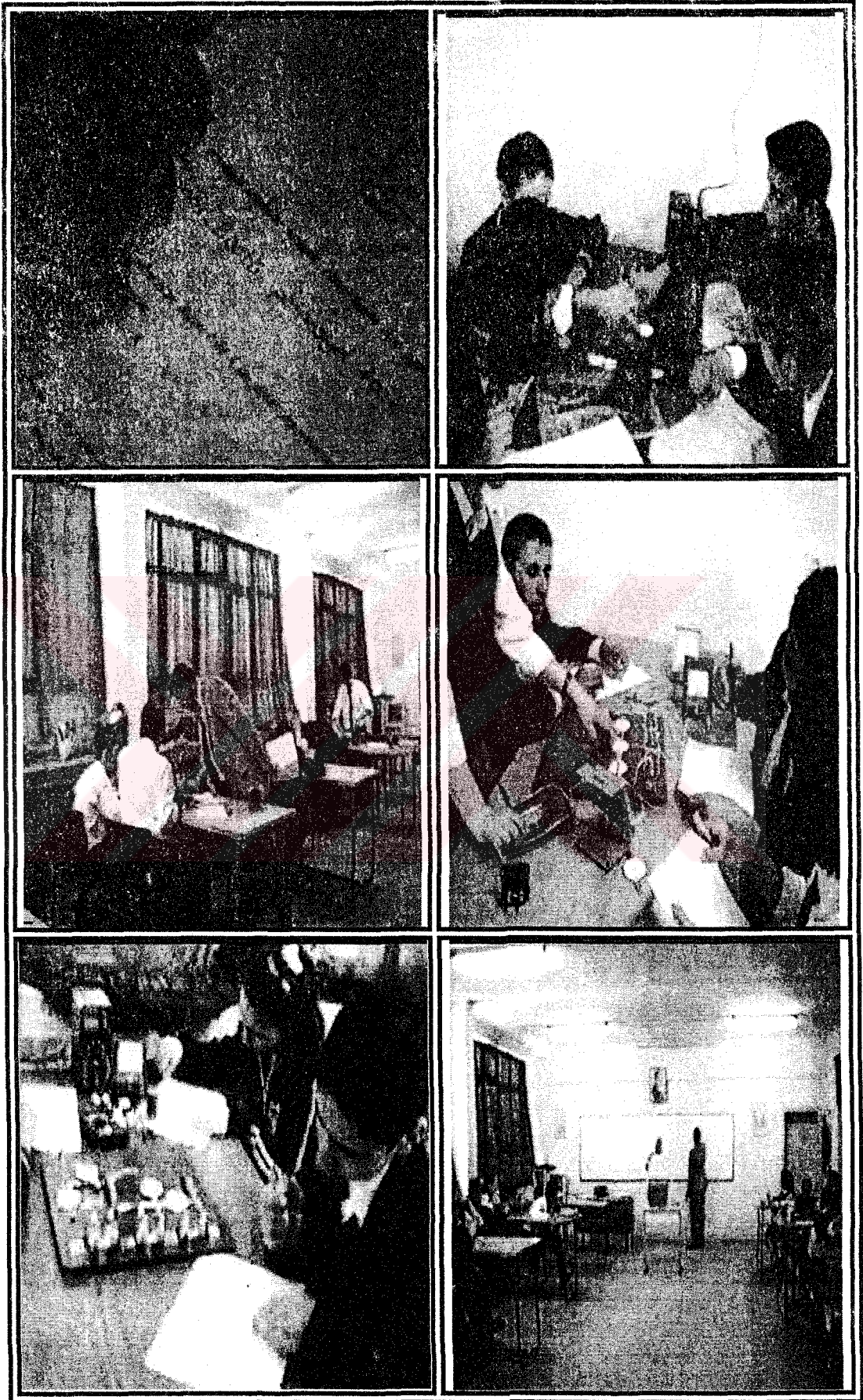
Sınıf İçi Kamera Çekimlerinden Elde Edilen Fotoğraflar



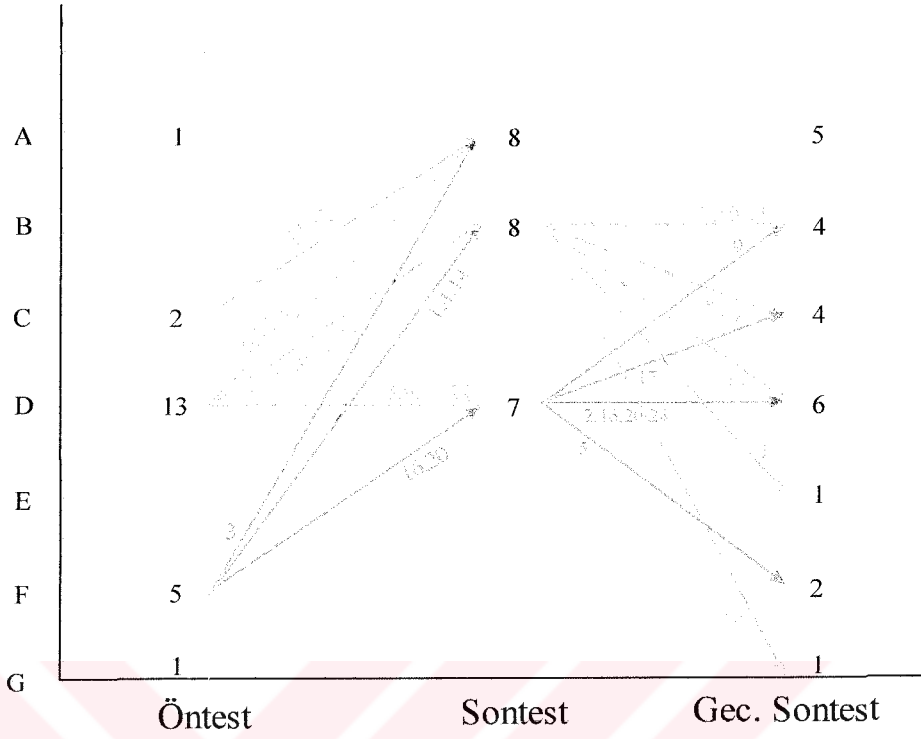




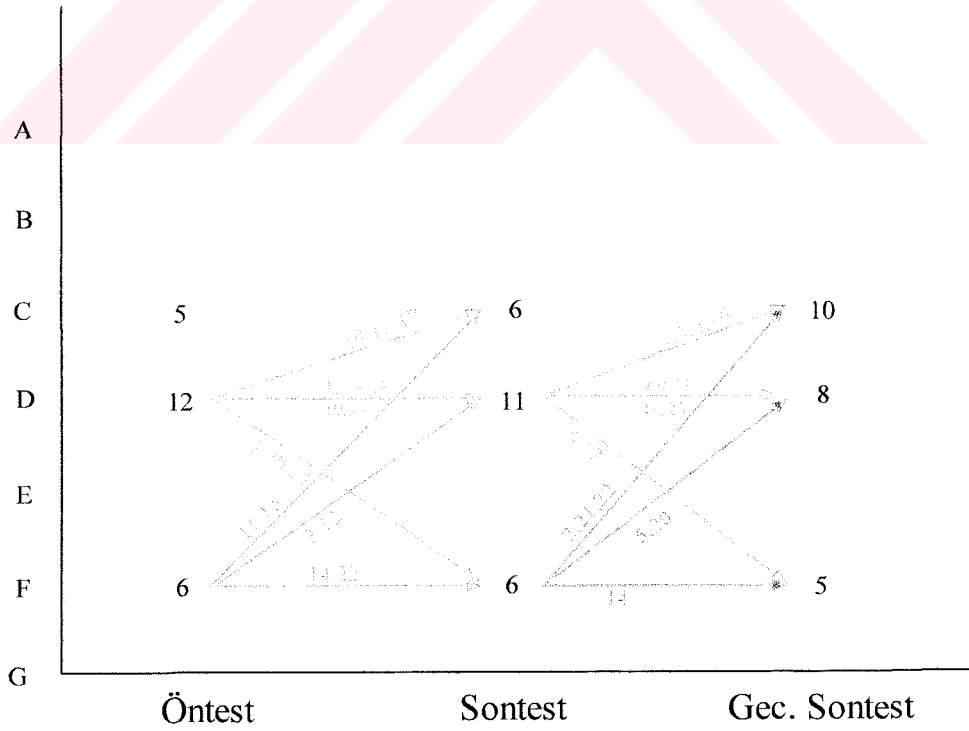




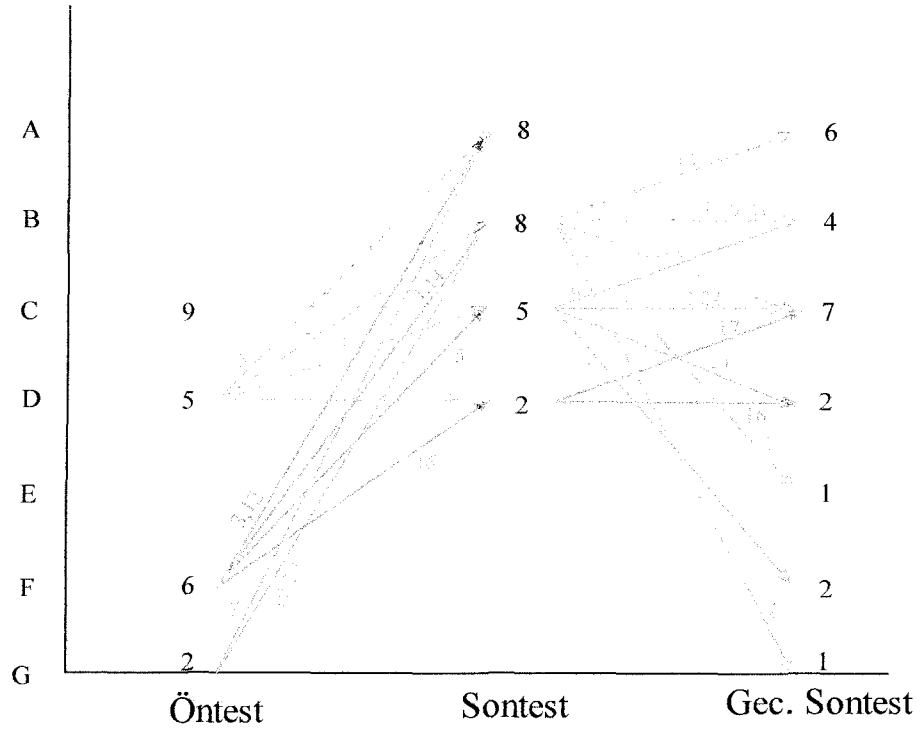
EK C 5. Bölümde Verilmeyen Kavramsal Değişim Şekilleri



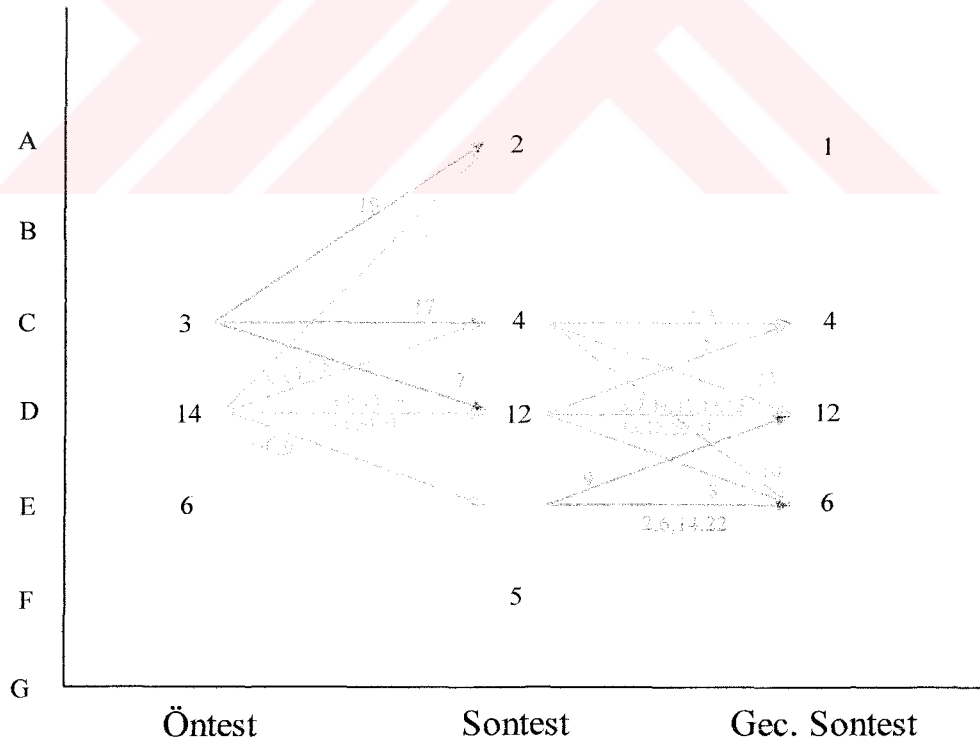
Deney grubu öğrencilerinin her birinin 3. sorunun b şıkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri.



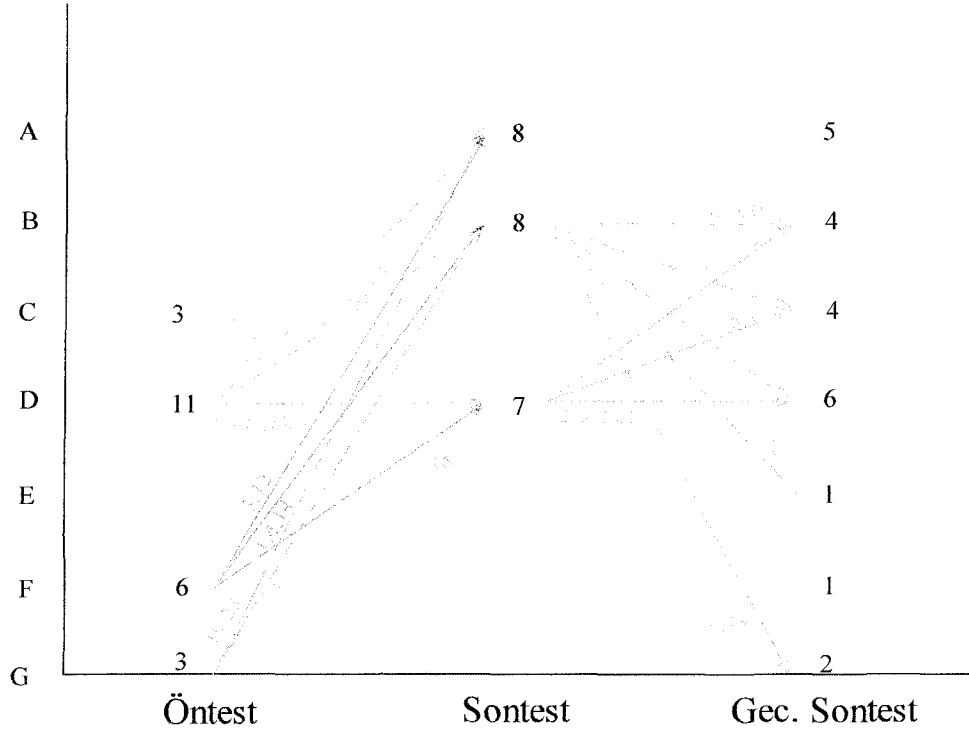
Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin 3. sorunun b şıkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri



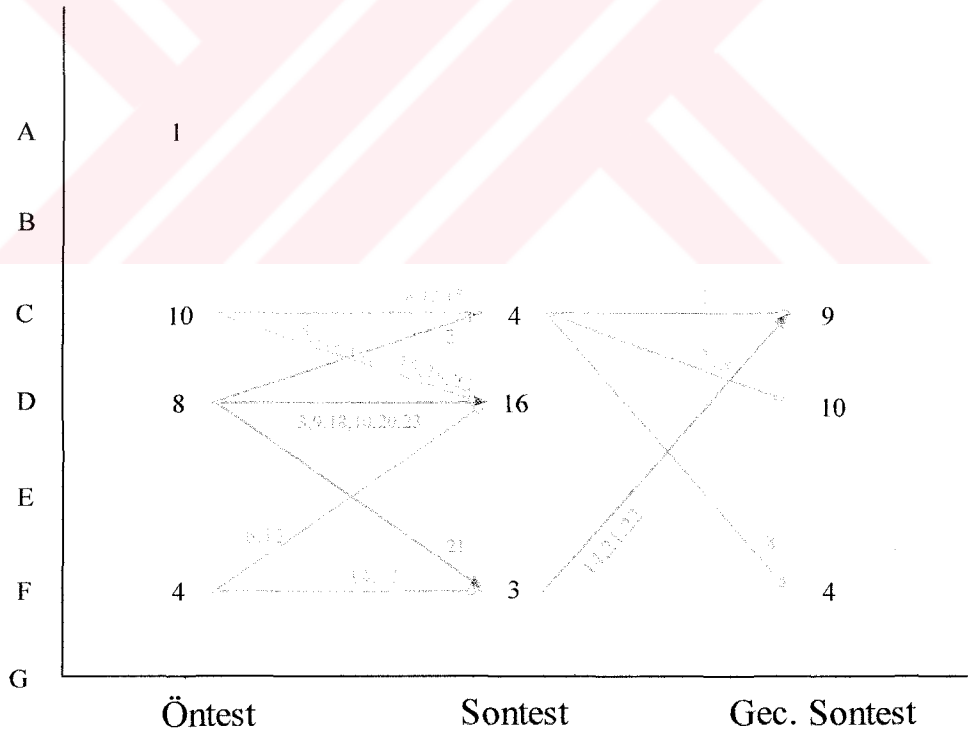
Deney grubu öğrencilerinin her birinin 3. sorunun c şıkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri



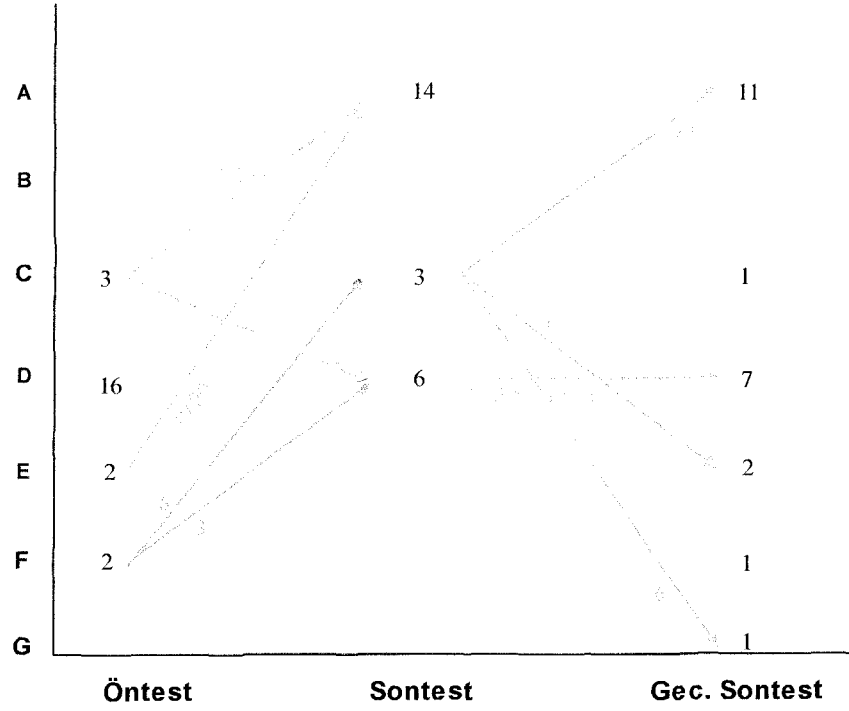
Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin 3. sorunun c şıkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri



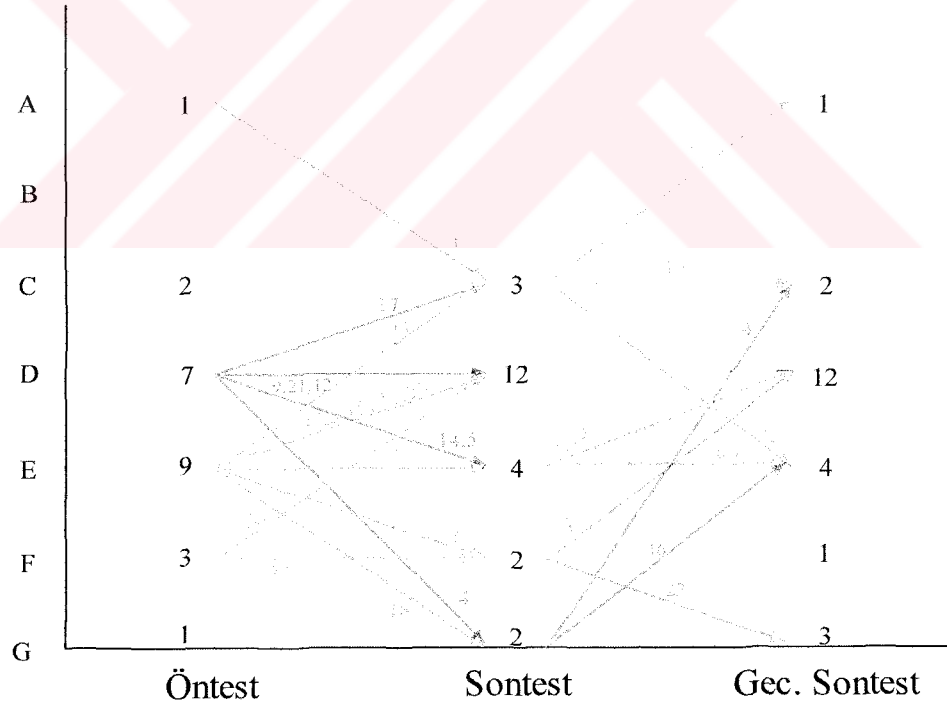
Deney grubu öğrencilerinin her birinin 3. sorunun d şikkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri



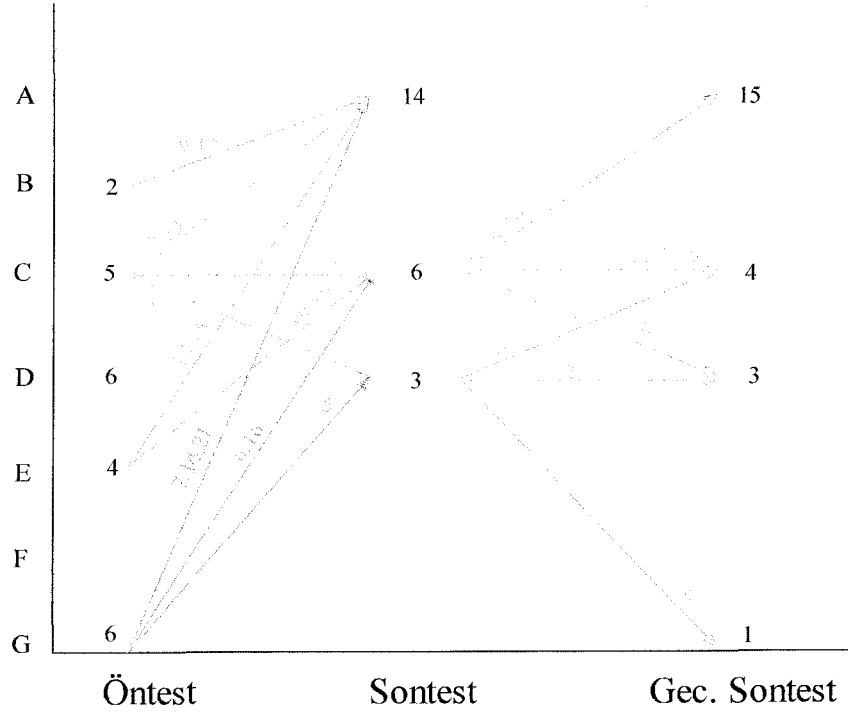
Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin 3. sorunun d şikkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri



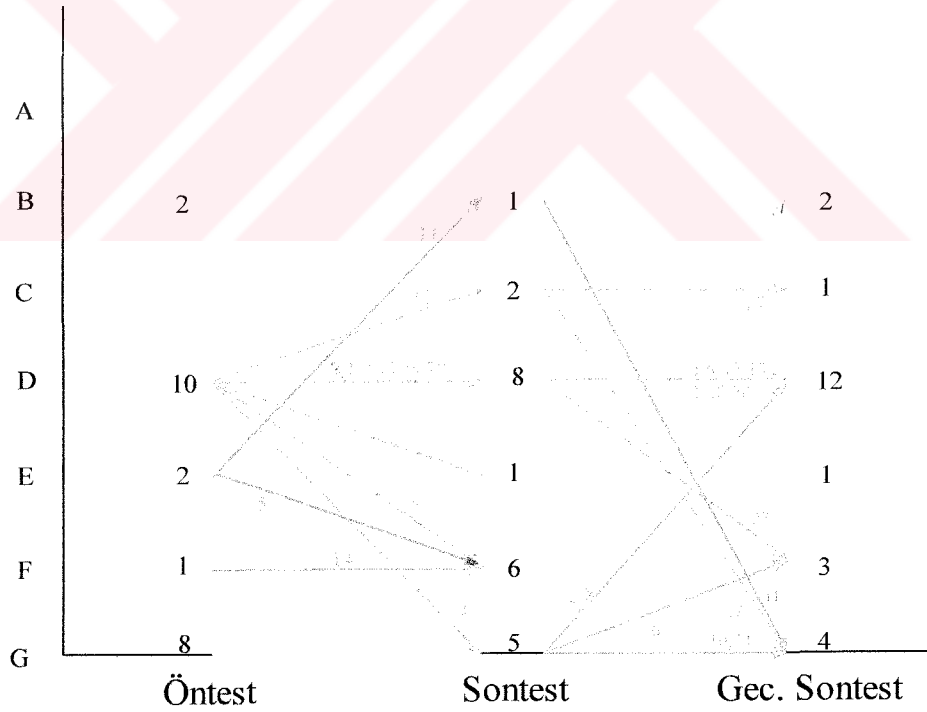
Deney grubu öğrencilerinin her birinin 5. sorunun b şıkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri



Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin 5. sorunun b şıkında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri



Deney grubu öğrencilerinin her birinin 6. sorunun II kısmında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri



Kontrol grubu öğrencilerinin her birinin 6. sorunun II kısmında ön test-son test-geciktirilmiş son testteki düzeyleri ve düzeyler arası geçişleri

EK D İzin Dilekçesi

T.C.
BALIKESİR VALİLİĞİ
MİLLİ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ

SAYI :B.08.4.MEM.4.10.00.04.311/
KONU: Tez Çalışma İzni.

03.04.2002 * 07177

VALİLİK MAKAMINA
BALIKESİR

Balıkesir Üniversitesine bağlı Necatibey Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi Hüseyin KÜÇÜKÖZER'in doktora tez çalışması için aşağıda adı yazılı okullarda çalışma yapması ile ilgili Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü Öğrenci İşleri Dairesi Başkanlığının 26.03.2002 tarih ve 1665 sayılı yazıları ilişikte sunulmuştur.

Makamlarınızca uygun görüldüğü takdirde; Balıkesir Üniversitesine bağlı Necatibey Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Bölümü Fizik Eğitimi Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi Hüseyin KÜÇÜKÖZER'in doktora tez çalışması için aşağıda adı yazılı okullarda çalışma yapmasını OLUR formuza arz ederim.

Alpaslan PEKER
Milli Eğitim Müdürü

OLUR
04/2001

O.Nuri ÇOBANOĞLU
Vali a.
Vali Yardımcısı

- 1-Balıkesir Lisesi
- 2-Cumhuriyet Lisesi
- 3-Muharrem Hasbi Lisesi
- 4-Sırrı Yırcalı Anadolu Lisesi
- 5-Ziraat Bankası Fen Lisesi
- 6-Hasan Basri Çantay Lisesi
- 7-Zührtü Özkardaşlar Lisesi

KAYNAKÇA

- [1] Driver, R. and Bell, B.F., "Students' thinking and the learning of science: a constructivist view" *SSR Mar.* pp: 443-456 (1986).
- [2] Driver, R., "Students' conceptions and the learning of science". *International Journal of Science Education*, Vol. 11, Special Issue, pp: 481-490. (1989).
- [3] Driver, R. and Erickson, G., "Theories-in action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science". *Studies in Science Education*, 10, 37-60 (1983).
- [4] Gilbert, J.K., and Watts, D.M., "Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education". *Studies in Science Education*, vol 10, 61-98 (1983).
- [5] Pardhan, H., Bano, Y., "Science Teachers' Alternate Conceptions about Direct-Currents". *International Journal of Science Education*, vol. 23, No 3, 301-318 (2001).
- [6] Shipstone, D. M., "On Childrens' Use of Conceptual Models in Reasoning about Current Electricity", in: R. Duit, W. Jung, C. von Rhöneck (Eds), *Aspect of Understanding Electricity*, 73-83. (1985).
- [7] Nussbaum, J., "Classroom conceptual change: philosophical perspectives". *International Journal of Science Education*, Vol. 11, No. 5, pp. 530-540 (1989).
- [8] Crowley, J.K. Ph. D. Thesis, Analogies constructed by students in a selective high school. Science and Mathematics Education Centre. Curtin University of Technology (2002).
- [9] Lijnse, P.L., "Curriculum development in physics education". A.Tiberghien, E. Jossem & J. Barojas (Eds) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education* (<http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/E1.html>) (1998).
- [10] Duit, R. and Treagust, D. Learning in Science - From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. In *International Handbook of Science Education* Edited by B. J. Fraser & K. G. Tobin, Kluwer Academic Publishers (1998).
- [11] Treagust, D., Harrison A.G. and Venville, G.J. "Using an analogical teaching approach to engender conceptual change". *International Journal of Science Education*, Vol. 18, No. 2, pp. 213-229 (1996).

[12] Widodo, A., Duit, R. and Müller, C. Constructivist views of teaching and learning in practice: Teachers' views and classroom behaviour. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans (2002).

[13] Kılıç, G.B. "Oluşturmacı fen öğretimi". *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1/1 Haziran 2001. 23-38 (2001).

[14] Holtorf, C. Knowing without metaphysics and pretentiousness a radical constructivist proposal. Archaeological epistemology and ontology, Nordic TAG Göteborg (1997).

[15] Senemoğlu, N., Gelişim, Öğrenme ve Öğretim. ISBN: 975-96386-0-6, Özsen Matbaası LTD.ŞTİ. (1998).

[16] Leach, J. and Scoot, P. The concept of learning demand as a tool for designing teaching sequences. Research-based teaching sequences, Université Paris VII, France, November (2000).

[17] Shepardson, D.P. "Learning science in a first grade science activity: A Vygotskian perspective". *Science Education*, 83: 621-638 (1999).

[18] Carter, G., Westbrook, S.L. and Thompkins, C.D. "Examining science tools as mediators of students' learning about circuits". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 36, No. 1, pp. 89-105 (1999).

[19] Tharp, R. and Gallimore, R., A theory of teaching as assisted performance. *Rousing Minds to Life: Teaching, Learning and Schooling in Social Context*, New York: Cambridge University Press. (1998).

[20] Matthew, K. and Treagust, D.F., "Constructivism as a referent in the design and development of a computer program using interactive digital video to enhance learning in physics". *Australian Journal of Educational Technology*, 17(1), pp: 64-79 (2001).

[21] Pfundt, H. and Duit, R., Bibliography "Students' Alternative Frameworks and Science Education" March (2000)

[22] Webb, P., "Primary Science Teachers' Understanding of Electric current". *International Journal of Science Education*, Vol: 14, No: 4 pp: 423-429 (1992).

[23] Mutimucio, I.V., Ph. D. Thesis, Improving Students' Understanding of Energy Druk: VU Huisdrukkerij, Amsterdam, Lay out: René Almekinders. (1998)

[24] Duit, R., Rhöneck, C. von "Learning and Understanding Key Concepts of Electricity" A.Tiberghien, E. Jossem & J. Barojas (Eds) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education* (<http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/C2.html>). (1998).

[25] Osborne, R., "Towards Modifying Children's Ideas about Electric Current". *Research in Science and Technological Education*, Vol:1, No:1, pp. 73-83. (1983).

[26] Marin, N., Benarroch, A., Jiménez, E.G., "What is the relationship between social constructivism and Piagetian constructivism? An analysis of the characteristics of the ideas within both theories". *International Journal of Science Education*, Vol:22, No. 3; 225-238 (2000).

[27] Cohen, R., Eylon, B., and Ganiel, U. "Potential Difference and Current in Simple Electric Circuits: A Study of Students's Concepts". *American Journal of Physics*, 51 (5), May (1983).

[28] McDermott, L., "Students' Conceptions and Problem Solving in Mechanic". A.Tiberghien, E. Jossem & J. Barojas (Eds) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education* (<http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/C1.html>). (1998).

[29] Shipstone, D. M., Rhöneck, C.v., Kärrqvist, C., Dupin, J., Johsua, S., Licht, P. "A Study of Student' Understanding of Electricity in Five European Cuntries". *International Journal of Science Education*, Vol:10, No: 3, 303-316 (1988).

[30] Shipstone, D. M., "A Study of Children's Understanding of Electricity in Simple D. C. Circuits". *European Journal of Science Education*, Vol: 6, 185-198. (1984).

[31] Kärrqvist, C., "The Development of Concepts by Means of Dialogues Centred on Experiments". in: R. Duit, W. Jung, C. von Rhöneck (Eds), *Aspect of Understanding Electricity*, 73-83 (1985).

[32] McDermott, L. C.& Shaffer, P.S "Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity, Part I: Investigation of student understanding". *American Journal of Physics*, Vol: 60, 1003-1013. (1992).

[33] Borges, A. T., Gilbert, J.K., "Mental Models of Electricity". *International Journal of Science Education*, Vol:21, No. 1; 95-117 (1999).

[34] Lee, Y., and Law, N., "Explorations in Promoting Conceptual Change in Electrical Concepts via Ontological Category Shift". *International Journal of Science Education*, Vol: 23, No. 2, 111-149 (2001).

[35] Dilber, R., ve Düzgün, B., "Lise öğrencilerinin basit elektrik devreleri hakkındaki kavram yanlışları üzerine bir çalışma". *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(3), 349-358, (2003).

[36] Sencar, S., Yılmaz, E. E. and Eryılmaz, A., "High school students' misconceptions about simple electric circuits". *Hacettepe üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 21: 113-120 (2001).

[37] Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, "W.A. Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change". *Science Education*, Vol: 66, 211-227 (1982).

[38] Harrison, A.G., Treagust, D.F., "Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry". *Instructional Science*, 29(1): 45-85, January (2001).

[39] Strike, K. and Posner, G., "A revisionist theory of conceptual change". In R.A. Duschl and R. J. Hamilton (eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*, (pp.147-176). New York:State University of New York Press (1992).

[40] Tyson, L.M., Venville, G.J., Harrison, A.G., Treagust, D.F., "A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom". *Science Education*, 81: 387-404. (1997).

[41] Hewson, P. W., Hewson, M. G., "The status of students' conceptions". Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. R. Duit, Goldberg, F. , Niedderer, H. . Kiel, IPN: 59-73. (1992).

[42] Chinn, C.A. & Brewer, W.F., "Theories of knowledge acquisition". In B. Fraser & K. Tobin, Eds., *International handbook of science education* (pp. 97-114). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers (1998).

[43] Scott, P. H., Asoko, H. M. , Driver, R., "Teaching for conceptual change: A review of strategies". Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. R. Duit, Goldberg, F. , Niedderer, H. Kiel, IPN: 310-329(1992).

[44] Mulhall, P., McKittrick, B., Gustone, R. (2001). A perspective on the resolution of confusions in the teaching of electricity. *Research in Science Education*, 31: 575-587.

[45] Psillos, D., Koumaras, P. , Valassiades, O., "Pupils' representations of electric current before, during and after instruction on DC circuits". *Research in Science and Technological Education*, 5(2): 185-199 (1987).

[46] Psillos, D., Koumaras, P. , Tiberghien, A., "Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits". *International Journal of Science Education*, 10(1): 29-43 (1988).

[47] Psillos, D., "Teaching introductory electricity". A. Tiberghien, E. Jossem & J. Barojas (Eds) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education* (<http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/E1.html>) (1998).

[48] Shafer, P. S. and McDermott, L. C., "Research as a Guide for Curriculum Development: An Example from Introductory Electricity. Part II: Design of Instructional Strategies". *American Journal of Physics*, vol.60, No. 11, 1003-1013, (1992)

[49] Cosgrove, M., "A study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity". *International Journal of Science Education*, 17(3): 295-310(1995).

[50] Shipstone, D. M., Gunstone, R. F., "Teaching children to discriminate between current and energy". Aspects of understanding electricity. R. Duit, Jung, W., Rhöneck, C. von. Kiel, Schmidt & Klaunig: 287-297 (1985).

[51] Licht, P., "Teaching electrical energy, voltage and current: an alternative approach". *Physics Education*, 26(5): 272-277 (1991).

[52] Berg, E. v. d., Grosheide, W., "Learning and teaching about energy, power, current and voltage". *School Science Review*, 78(284): 89-94 (1997).

[53] Tiberghien, A., "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, La Londe les Maures-France (1983).

[54] Arnold, M., Millar, R., "Being constructive: an alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity". *International Journal of Science Education*, 9(5): 553-563 (1987).

[55] Cosgrove, M., Osborne R., Carr M., "Using Practical and Tecnological Problems to Promote Conceptual Change", in: R. Duit, W. Jung, C. von Rhöneck (Eds), Aspect of Understanding Electricity, 247-256 (1985).

[56] Cosgrove, M., Osborne R., Carr M., "Using Practical and Tecnological Problems to Promote Conceptual Change", in: R. Duit, W. Jung, C. von Rhöneck (Eds), Aspect of Understanding Electricity, 257-266 (1985).

[57] Yiğit, N. ve Akdeniz, A.R., "Fizik öğretiminde bilgisayar destekli etkinliklerin öğrenci kazanımları üzerine etkisi: elektrik devreleri örneği". *GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 23, sayı 3, 99-113 (2003).

[58] Hardal, Ö. ve Eryılmaz, A., "Basit araçlarla yaparak öğrenme yöntemine göre geliştirilen elektrik devreleri ile ilgili etkinlikler" *Eğitimde İyi Örnekler Konferansı.17 Ocak 2004*, Sabancı Üniversitesi İstanbul.

[59] Gomez, J.G. and Duran, E.F., "Didactic problems in the concept of electric potential difference and an analysis of its philogenesis". *Science and Education*, 7: 129-141 (1998).

[60] Büyüköztürk, Ş., Deneysel desenler. Pegem yayıncılık, 1. baskı, şubat (2001).

[61] Kabapınar, F., Ph. D., Teaching for conceptual understanding: developing and evaluating Turkish students' understanding of the solubility concept through a specific teaching intervention. The University of Leeds, School of Education, (1998).

[62] Kabapınar, F., "Kavram yanlışlarının ölçülmesinde kullanılacak bir ölçeğin bilgi-kavrama düzeyini ölçmeyi amaçlayan ölçekten farklılıkları". *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, sayı 35, ss. 398-417, yaz (2003).

[63] Kocakulah, M.S., "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 (2002).

[64] Kearney, M., Treagust, D.F., "Constructivism as a referent in the design and development of a computer program using interactive digital video to enhance learning in physics". *Australian Journal of Educational Technology*, 2001, 17(1), 64-79 (2001).

[65] White, R., Gunstone, R., Probing understanding. London, UK, The Falmer Press (1992).

[66] Summers, M., Kruger, C., Mant, J., "Teaching electricity effectively in the primary school: a case study". *International Journal of Science Education*, 1998, Vol. 20, No. 2, 153-172 (1998).

[67] Rhöneck, v. C., "The introduction of voltage as an independent variable-the importance of preconceptions, cognitive conflict and operating rules" in: R. Duit, W. Jung and von Rhöneck (eds), Aspect of understanding Electricity: Proceedings of an International Workshop (Kiel, Germany: University of Kiel) (1985).

[68] Tao, P.K., Gunstone R.F., "The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 36, No. 7, pp. 859-882 (1999).

[69] Schwedes H., "The importance of water-circuits in teaching electric circuits", in: R. Duit, W. Jung and von Rhöneck (eds), Aspect of understanding Electricity: Proceedings of an International Workshop (Kiel, Germany: University of Kiel) (1985).

[70] Tenney, Y.J, Gentner, D., "What makes water analogies accessible: experiments on the water-flow analogy for electricity", In: R. Duit, W. Jung and von Rhöneck (eds), Aspect of understanding Electricity: Proceedings of an International Workshop (Kiel, Germany: University of Kiel) (1985).

[71] Gilbert, J.K., Osborne, R.J., Fensham, P.J., “Children’s Science and Its Consequences for Teaching”, *Science Education*, vol 66 no.4:623-633 (1982).

[72] Kalyoncu, C. ve akmak, Y., “Fizik Lise 1”, Milli Eğitim Basımevi – İstanbul, 2002.

[73] Bykztrk, Ő., “Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı”, Pegem yayıncılık, 3. baskı Kasım (2003).

[74] Kocaklah, S., Ph. D. A study of the development of Turkish first year university students’ understanding of electromagnetism and the implications for instruction. The University of Leeds, School of Science, (1999).

[75] Tsai, C. C., “Using a conflict map as an instructional tool to change student alternative conceptions in simple series electric-circuits”, *International Journal of Science Education*, Vol. 25, No. 3, 307-327 (2003).

