

**LİSE VE DENGİ OKUL ÖĞRENCİLERİNİN
ELEKTRİK VE MANYETİZMA ÖĞRENİMİNDE
KARŞILAŞTIĞI KAVRAM YANILGILARI**

MEHMET UZUNKAVAK

**Doktora Tezi
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA 2004**

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LİSE VE DENGİ OKUL ÖĞRENCİLERİNİN
ELEKTRİK VE MANYETİZMA ÖĞRENİMİNDE
KARŞILAŞTIĞI KAVRAM YANILGILARI**

MEHMET UZUNKAVAK

**Danışman
Prof. Dr. Nuri ÖZEK**

DOKTORA TEZİ

**FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA 2004**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından FİZİK ANABİLİM DALI'nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Refik KAYALI

Üye : Prof. Dr. Ali KÖKCE

Üye : Prof. Dr. Nazım UÇAR

Üye : Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT

Üye : Prof. Dr. Nuri ÖZEK

ONAY

Bu tez 09.07.2004 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../2004

S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTRİKTE KAVRAM YANILGILARI İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ARAŞTIRMALAR... 4	4
2.1 Öğrencilerin Basit Devre Kavramları	4
2.2 Alternatif Kavramların Değişken Kullanımı.....	6
2.2.1 Öğretmenlerin sahip oldukları ortak kavramsal bilgiler	8
2.2.2 Öğretmenlerin bilgi farklılıkları	10
2.2.2.1 Akımın yönü.....	10
2.2.2.2 Kabloların akım üzerindeki etkisi	11
2.2.2.3 Bağlantı noktalarındaki akım	11
2.3 Elektrostatikte Nitel ve Nicel Problem Çözme Alışkanlıkları	12
2.4 Basit Elektrik Devrelerinde Potansiyel Fark ve Akım	14
2.5 Öğrencilerin Algılayışlarının İncelenmesi	15
2.6 Belirli Öğrenci Zorluklarının Belirlenmesi	16
2.6.1 Formüle dayalı kavramları elektrik devrelerine uygulama yetersizliği ..	17
2.6.1.1 Konunun doğal zorlukları	17
2.6.1.2 Elektrik devreleri ile ilgili kavramlar	19
2.6.1.3 Potansiyel fark ile ilgili zorluklar.....	20
2.6.1.4 Dirençle ilgili kavramlardaki zorluklar	22
2.6.2 Farklı gösterim ve ölçümleri devrelerle ilişkilendirme yetersizliği	25
2.7 Öğrencilerin elektrik devreleri ile ilgili kavramları algılayışları	29
2.7.1 Gerçekler	29
2.7.2 Bazı varsayımlar.....	30
2.7.3 Kavramların değerlendirilmesi.....	31
2.7.4 Sistematik mantık geliştirme.....	33
2.7.5 Kavramsal farklılaşma	33
2.7.6 Fenomen ilişkilerin yerleştirilmesi.....	33
2.7.7 Değişik modellerin bağlantısının kurulması	33
2.8 Elektriğin Öğretilmesinde Takip Edilecek Yol.....	34
2.9 Bilimsel Bilgi	35
2.10 Fen Biliminin Öğretilmesi ve Öğrenilmesiyle İlgili Varsayımlar.....	35

2.11	Modellerin Gelişimi	36
2.11.1	Fenomen kısım	36
2.11.2	Kavramsal kısım.....	37
2.11.3	Mikroskobik kısım	37
2.11.4	Nicel kısım	38
2.12	Öğretim Stratejileri.....	38
2.12.1	Kavramsal değişimi kolaylaştırma	38
2.12.2	Anlamli kavram çatışmasına neden olmak	38
2.13	Öğrencilerin Akım Voltaj ve Direnç Kavramları.....	39
2.13.1	Akımın gündelik anlamı.....	39
2.13.2	Üreteç ve lambalar arasındaki doğrusal neden etkisi	39
2.13.3	Akımın tüketilmesi.....	40
2.13.4	Kapalı devrelerdeki voltaj	41
2.13.5	Öğrenme zorluklarını hesaba katarak elektriğin öğretilmesi	41
2.13.6	Kavramsal değişim.....	41
3.	ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	43
3.1	Örnekleme.....	43
3.2	Ölçme Aracı	43
3.3	Test Soruları ve Madde Analizi Tabloları.....	45
3.4	Bulgular	72
3.4.1	Test sorularının yorumlanması.....	72
3.4.1.1	Soru 1	72
3.4.1.2	Soru 5	72
3.4.1.3	Soru 10	72
3.4.1.4	Soru 13	73
3.4.1.5	Soru 14	73
3.4.1.6	Soru 18	74
3.4.1.7	Soru 21	74
3.4.1.8	Soru 22	74
3.4.1.9	Soru 25	75
3.4.1.10	Soru 26	75
3.4.1.11	Soru 27	75
3.4.1.12	Soru 34	75
3.4.1.13	Soru 42	76
3.4.2	Bulguların Karşılaştırılması	77
4.	SONUÇ	81
5.	KAYNAKLAR	85
	ÖZGEÇMİŞ	90

ÖZET

Elektrik ve manyetizma, fizik öğretiminin her düzeyinde önemi olan fiziğin temel alanlarından. Öğretmenler ve araştırmacılar, dünyanın her yerinde ilk ve orta öğretim müfredatında yer alan, elektrik ve manyetizma öğretimi ile ilgilenmektedir.

Bu çalışmanın amacı, potansiyel fark ve akımın göreceli rollerini öğrencilerin nasıl kavramsallaştırdıklarını tarif etmek ve bu kavramların basit devreleri analiz etme yöntemlerini nasıl etkilediğini Isparta ve çevresi verileriyle göstermektir. Bu amaçla Isparta Fen Lisesi'nden (IFL) 69, Isparta Anadolu Lisesi'nden (IAL) 84 ve Milli Piyango Anadolu Lisesi'nden (MPAL) 75 öğrenciye ilave olarak, Bucak Hikmet Tolunay Fen Lisesi'nden (BFL) 46 öğrenciye kavram yanılığ belirlleme testi (KYBT) uygulanmıştır. Test çoktan seçmeli 50 sorudan oluşturulmuştur. Soru seçimi için geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Soruların çoğunluğu niteldir ve “dinamik” bir içeriğe sahiptir. Önce, özel bir devre verilmiş, sonra bu devrede bir değişiklik ortaya konulmuştur, örneğin, bir anahtarın kapatılması. Öğrencilerin akım, voltaj vb.'nin yeni değerini (daha çok, eşit veya daha az) karşılaştırmalı bir biçimde önceki haliyle ilişkilendirmesi beklenmiştir. Bütün gruptan elde edilen cevap formları MS Excel programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Excel programında soruların madde analizi için bölümler oluşturulmuştur.

Sonuç olarak, öğrencilerin elektrik devrelerini analiz ederken potansiyel fark yerine akıma öncelik verdiği ortaya çıkmıştır. Bu hatalı yaklaşımın da birçok elektrik kavramının yanlış anlaşılmasına neden olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan başka araştırmalarda, bu çalışmada tartışılan kavramsal zorlukların ileri fizik çalışmalarında da aşılamadığı ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, bu zorlukların aşılması gerekliliği ilköğretim ve orta öğretimin yanı sıra üniversitelerde de eğitimciler tarafından dikkate alınmalıdır.

ANAHTAR KELİMELER: Kavram Yanılığları, Öğrenci Zorlukları, Fizik Eğitimi, Elektrik Devreleri, Elektrik ve Manyetizma.

ABSTRACT

Electricity and magnetism are fundamental subject of physics and they have an importance on each level of physics education. Teachers and researchers are interested in teaching electricity and magnetism since they are included in primary and secondary curricula in all over the world.

The aim of this study is to describe how the students conceptualize the relative roles of potential difference and current, and how this conception affects methods used to the way they analyze simple circuits using the data obtained from Isparta and its surroundings. For this purpose, a misconception determination test (MCDT) was applied to some selected high schools in Isparta and Bucak, Burdur. The test was applied to 69 students in Isparta Fen Lisesi (IFL), 84 students in Isparta Anadolu Lisesi, 75 students in Milli Piyango Anadolu Lisesi and 46 students in Bucak Hikmet Tolunay Fen Lisesi (BFL). The test has been formed of 50 multiple choice questions. A wide literature research has been carried out for the selection of questions. Most questions having a qualitative behavior and some of them have a “dynamic” context. Firstly, a particular circuit was established, then a change was introduced (e.g., closing of switch). It was required from the students to compare the new values of the current, voltage, etc. with their initial values (more than, equal, less than). Answer sheets collected from all groups have been evaluated by means of MS Excel. Some pages are formed for the item analysis of the questions, as well.

As a result, it is observed that the students regarded current as the primary concept instead of potential difference while they are analyzing the electric circuits. Consequently, it is found that such faulty understandings caused misconception of many electric concepts. It was seen that conceptual difficulties discussed in studies done by the other researchers could not be overcome by the students in their further advanced physics studies. Therefore, the need of overcoming these difficulties should be taken into account by educators not only in primary and secondary schools but also in universities.

KEYWORDS: Misconceptions, Student Difficulties, Physics Education, Electric Circuits, Electricity and Magnetism.

TEŞEKKÜR

“Lise ve Dengi Okul Öğrencilerinin Elektrik ve Manyetizma Öğreniminde Karşılaştığı Kavram Yanılgıları” adlı doktora tezi çalışmalarımın yürütülmesinde ve karşılaşılan problemlerin aşılmasında her türlü desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Nuri ÖZEK’e sonsuz teşekkürlerimi arz ederim.

Tez çalışmamda yardımları sebebiyle değerli hocalarım Prof. Dr. Ali KÖKCE’ye ve Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT’a teşekkürlerimi arz ederim.

Tez çalışmalarımında hazırlanan testlerin uygulanmasında yardımlarını esirgemeyen Isparta Fen Lisesi, Anadolu Lisesi, Milli Piyango Anadolu Lisesi ve Burdur Bucak Hikmet Tolunay Fen Lisesi idarecilerine teşekkür ederim. Bu liselerde görev yapan fizik öğretmenleri, Yaşar SOYÇİÇEK, Çiğdem KAHRAMAN, Mustafa TÜRK Veysel BAYRAM, Gülten KÖSE, Ercan ÖZBEK ve Emin ALAPALA’ya da teşekkürü borç bilirim.

SDÜ Teknik Eğitim Fakültesi’nde birlikte görev yaptığım idarecilerime, hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince yardımlarını gördüğüm SDÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde görev yapan hocalarıma, oradaki arkadaşlarıma, özellikle tezimin yazım kurallarına göre düzenlenmesi konusunda yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Ahmet Faruk ÖZDEMİR’e de teşekkürü borç bilirim.

Son olarak, destek ve sevgileri için babama ve anneme, eşim Ayşe’ye ve kızım Seher’e teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Bir ampulün bir pile bağlantısına ait olasılıklardan ikisi gösterilmektedir. Her bir durum için, lambanın yanıp yanmayacağı ifade edilip, cevabın açıklanması istenmiştir (Fredette ve Lockhead, 1980).....	5
Şekil 2.2	Seri bağlı devre (Heller ve Finley, 1992).....	11
Şekil 2.3	Paralel bağlı devre (Heller ve Finley, 1992).....	12
Şekil 2.4	Bir lamba, bir pil ve tek parça bir kablo verilen öğrencilerin lambayı nasıl yakacaklarını göstermek üzere çizdikleri diyagramlar (McDermott ve Shaffer, 1992).....	18
Şekil 2.5	Öğrencilerden göreceli parlaklıklarını sıralamaları istenen özdeş beş lamba. Pillerin ideal olduğu varsayılmıştır. Doğru cevap; $A=D=E>B=C$ (McDermott ve Shaffer, 1992).....	19
Şekil 2.6	Özdeş lambalardan oluşan devre için öğrencilere, (1) anahtar kapalı iken lambaların birbirine göre parlaklıkları, (2) anahtarın açılması her bir lambayı nasıl etkilediği sorulmuştur (McDermott ve Shaffer, 1992).....	21
Şekil 2.7	Şekil 2.5'te gösterilen devre çizimlerinin değişik hali. Bu durumda, lambaların göreceli parlaklıkları pilin ideal olup olmadığına bağlı değildir. (McDermott ve Shaffer, 1992).....	23
Şekil 2.8	Öğrencilerden (a)'da gösterilen her bir devrenin (b)'deki karşılığı olan devreyi belirlemeleri istenmiştir. Doğru cevap; her iki devrenin de karşılığı (ii)'dir (McDermott ve Shaffer, 1992).....	25
Şekil 2.9	Öğrencilerin tamamı (b)'deki devre çiziminin (a)'daki devrelerin her birini temsil edebileceğini çıkaramamaktadır (McDermott ve Shaffer, 1992).....	26
Şekil 2.10	Bir çok öğrenci (a) ve (b)'deki devre çizimlerinin elektriksel olarak eşdeğer olduğunu tanımada zorlanmaktadır (McDermott ve Shaffer, 1992).....	27
Şekil 2.11	Öğrenciler tarafından çizilen hatalı ampermetre ve voltmetre bağlantılarından bazıları (McDermott ve Shaffer, 1992).....	28
Şekil 2.12	Öğrencilerden şekilde gösterilen lambaların göreceli parlaklıklarını sıralamaları ve nedenlerini açıklamaları istenmiştir (McDermott ve Shaffer, 1992).....	28
Şekil 3.1	KYBT analizinde kullanılan MS Excel programının doğru, yanlış ve boş cevapları belirleme sayfası.....	45

Şekil 3.2	KYBT sorularının Excel programındaki madde analizi sayfası.....	46
Şekil 3.3	KYBT 34. sorunun çözümü.....	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 3.1	KYBT madde analizi tablolarının sütün başlıklarının açıklamaları	46
Tablo 3.2	Cohen vd. (1983) tarafından yapılan çalışmadaki çoktan seçmeli sorularda toplam puan dağılımı	77
Tablo 3.3	Cohen vd. (1983) tarafından yapılan çalışma sonuçlarıyla KYBT sonuçlarının karşılaştırılması.....	78

1. GİRİŞ

Fen bilimlerinin önemli bir dalı olan fiziğin ilgi alanında yer alan elektriğin öğretilmesi ve öğrenilmesi, ilk ve ortaöğretim müfredatında da yer alan bir konu olup, bir çok araştırma, kitap ve konferansın da konusu olmuştur (Duit vd. 1985). Dünya çapında ortaya çıkan manzara, orta öğretim sonunda öğrencilerin yeterli bilgi seviyesine ulaşmadığını göstermesi bakımından, örneğin elektrik devrelerinde ümit verici değildir. Araştırma sonuçları öğrencilerdeki alternatif düşünceleri açık şekilde ortaya koymaktadır. İster klasik ister modern olsun, bir çok dersin anlatımında bu düşünceleri özellikle hesaba katmak yerine göz ardı etmek, öğrencilerin temel elektriği anlamasında önemli ölçüde kavramsal ve mantıksal zorluklara yol açmaktadır (Psillos, 1997).

Öğretmenler ve araştırmacılar, dünyanın her yerinde ilk ve orta öğretim müfredatında yer aldığı için elektrik öğretimi ile yakından ilgilenmektedir. Öğrencilerin öğrenme zorluklarını belirlemek için tanı araştırmaları yapılmaktadır. Öğretim ile ilgili araştırmalar, inşacı yaklaşıma dayalıdır ve öğrenciler tarafından bilimsel bilginin inşasına yardım edebilecek alternatif yol haritalarına odaklanmıştır. Vurgulamada dikkati çeken değişiklikler, sadece içeriği uygun yollarla ve basitçe sunmak değil, elektriğin öğretilmesinde öğrencilerin zorluklarını gidermektir (Psillos, 1997).

Duit ve Rhöneck (1997), başlangıç aşamasında, öğrencilerin küçük yaşlardan basit elektrik devreleriyle, bir takım deneyimler kazandıklarını, daha sonraki aşamalarda ise elektriğin, sistematik olarak öğretildiğini ve her tür eğitimde önemli bir yere sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Öğrencilerin basit elektrik devreleri ile ilgili yorumlamalarını analiz ederken, üç özelliğin dikkate alınması faydalıdır. Birincisi, devre parametreleri arasındaki matematiksel ifadelerle tanımlanan nicel ilişkilerdir. İkincisi, nitel özellikleri içeren ve devre değişkenleri arasındaki ilişkinin doğru olarak tanımlanmasına imkan veren işlevsel ilişkilerdir. Üçüncüsü, makroskobik devre parametrelerinin mikroskobik modeller ve kurallarla bağlantılı olduğu makro-mikro ilişkiler. Konunun tam olarak anlaşılması için bu üç özelliğin tanınması gerekmektedir (Eylon ve Ganiel, 1990).

Grotzer ve Sudbury (2000), eğitimcilerin, öğrencilere elektrik devrelerini kavratmada sebep sonuç ilişkilerini gözlemlerken onlara yardım edebilmek için bisiklet zinciri benzetmesini kullanmaya çalıştıklarını ortaya koymuşlardır. Bisiklet zinciri benzetimi öğrencilerin sebep ve sonuçların aynı zamanda meydana geldiği döngüsel eş zamanlı bir sebep sonuç yapısına yönelmelerini öngörmektedir. Bu durum, elektrik akımı denge haline ulaştığı zaman elektronların hem itilmeleri hem de itmeleri şeklinde ortaya çıkmaktadır. Eğer öğrencilere, basit elektrik devrelerini öğrenmeye çalışırken doğrusal ve zincirleme bir sebep sonuç yapısı empoze edilirse, bisiklet zinciri benzetiminin derin yapısını kaçırabilirler veya bazı kısımlarını kendi doğrusal modellerine uydurmak için bozabilirler.

Eylon ve Ganiel (1990)'e göre, öğrencilerin yeterli derecede matematik işlemler ve bunun yanında elektrik alan gibi merkezi kavramları dikkatlice kavramalarını kapsayan elektrostatik çalışmalarını izleyen adımda, doğru akım (DA) devrelerine ilişkin çalışmalarının elektrostatikle olan bağlantısının dikkatlice kurulması gerekmektedir.

Fizik öğretmenlerinin karşılaştığı geniş çaplı bir problem, sert ve yumuşak manyetik malzemelerin varlığında manyetik alan çizgi dağılımlarını ilgilendiren problemlerin çözümünde bir çok öğrencinin karşılaştığı zorluklardır. Herrmann (1991) tarafından, bu zorlukların iki nedeni belirlenmiştir: (1) ferromanyetik maddelerin tipik davranışı olarak histerezis olayının olduğunun anlatılması; (2) manyetik alan şiddeti (H)'nin elektromanyetizma derslerinde hemen hemen hiç olmaması. Bu tür öğrenci problemlerini gidermek için şunlar önerilmektedir. (a) ideal olarak dört manyetik maddenin, yani, manyetik olmayan, sert manyetik, yumuşak manyetik ve süper iletken maddenin olduğunu anlatmak, (b) magnetostatik problemlerini tartışırken manyetik indüksiyon (B) yi kullanmak yerine, manyetik alan şiddeti H yi kullanmak.

Virginie vd. (2001)'ne göre, fizik bilgisinin kullanımı dağınıktır ve öğrenciler bilginin farklı elemanlarını bir araya getirememektedir. Bu da elektromanyetizma fiziğini kavramsal olarak anlama yetersizliğini göstermektedir. Bunun yanında, bir çok öğrencinin matematik formüllerle (vektör, integral hesabı) manyetik alan ve akımın fiziksel tariflerini ilişkilendirme problemleri vardır. Öğrencilerin, temel durumlarda bu formülleri kullanma zorlukları bulunmaktadır. Matematik başlangıç

notasıdır, fakat, yapılan gözlemler matematikle bağlantının hemen hemen işlemsel olduğunu göstermektedir.

Ronen ve Eliahu (2000)'ya göre, fizik öğretiminde kavram yanılgılarını gidermek amacıyla simülasyonlar kullanılabilir. Ancak yaygın bir kullanıma sahip olan "simülasyon deneyleri" ifadesinde olduğu gibi, bir çok öğretmen simülasyonları gerçek deneylerin yerini alan bir potansiyel yedek şeklinde görme eğilimindedir. Simülasyonlar, hiçbir şekilde, gerçek fenomenlerle ilgili deneyim kazanma ve araştırma amacına yönelik, herhangi bir etkinliğin yerini alamaz. Her şeye rağmen, simülasyonlar öğrencilerin teorik ilkeleri daha iyi anlamalarını sağlar. Teorik ideal modellerle, simülasyonların formül gösterimleri ve gerçek arasındaki boşluğa köprü olma avantajları vardır.

Törnkvist vd. (1993) tarafından yapılan çalışmada, bir çok öğrencinin matematikten fiziğe bilgi transferi yapamadığı ortaya çıkmıştır. Üst üste binme ilkesinin doğru anlaşılmasının, elektrik fenomenlerinin tam olarak anlaşılması için, gerekli olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırma bulgularına göre, öğrenciler bu ilkenin doğru kullanımından çok uzaktadır (Rainson vd., 1994).

Öğrenciler, doğru fizik ilkelerini (örneğin pozitif ve negatif yükler bir birilerini çekerler gibi) tarif etmek için doğru terimleri kullanmalarına karşılık, fiziksel durumu doğru açıklamada başarısız olmaktadır. Öğrencilerin sınıf içinde dikkatlice gözlemlenmesi, onların cevaplarını yorumlamada yardımcı olacak önemli ip uçları verebilir (Harrington 1999).

2. ELEKTRİKTE KAVRAM YANILGILARI İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ARAŞTIRMALAR

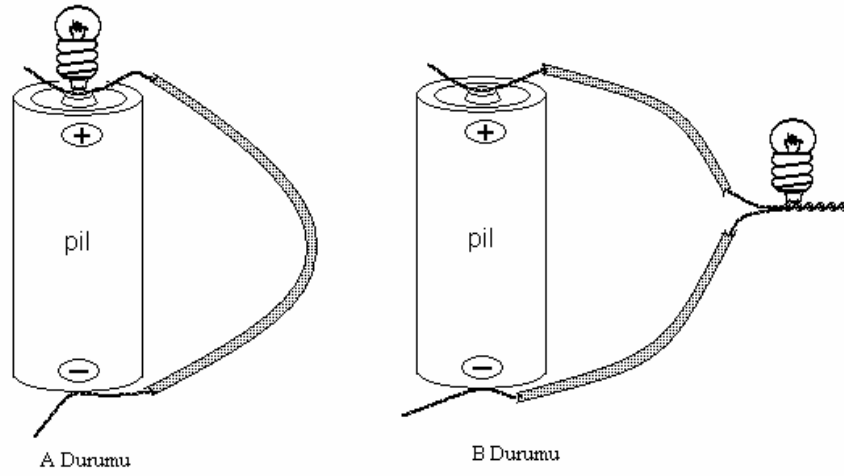
Son yıllarda fizik kavramlarının öğrenciler tarafından doğru olarak algılanabilmesi üzerine yoğunlaşan birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmaların sonuçları, öğrencilerin bazı kavramları bilimsel gerçeklerden farklı algıladıklarını ortaya koymuştur. Bu tür yanlış algı ve düşünceler kavram yanılgıları olarak literatüre geçmiştir. Yapılan çalışmalar, kavram yanılgılarının hem bilginin kalıcı ve etkin olarak öğrenilmesini engellediğini, hem de konu ile bağlantılı diğer konuların anlaşılmasını olumsuz yönde etkileyerek, başarıyı düşürdüğünü ortaya koymuştur. Etkili ve anlamlı bir fen öğrenimi gerçekleştirmek için, öncelikle bu kavram yanılgılarının geçerli ve güvenilir olarak tespit edilmesi, daha sonra da azaltma ve iyileştirme yollarının bulunması gerekir. İşte bu nedenle öğrencilerin fizik alanında sahip oldukları kavram yanılgılarının belirlenmesi ve iyileştirme yollarının araştırılmasına ihtiyaç vardır (Sencar ve Eryılmaz, 2002).

2.1 Öğrencilerin Basit Devre Kavramları

Bazı öğrenciler basit DA devrelerini çalışmayı kolay bulurken diğer bir çok öğrenci ise büyük zorluk çekmektedir. Bir çok fizik öğretmeni bile bu kavram üzerinde zorlanmak durumunda olsa da literatürde bundan çok az bahsedilmektedir (Fredette ve Lockhead, 1980). Evans (1978)'a göre, eğer öğrencilere bir kablo, bir lamba ve bir de pil verilip lambayı yakmaları istenirse yarıya yakını başarısız olmaktadır. Bu hem ilköğretim hem de ortaöğretim seviyesindeki öğrenciler için geçerlidir. Thiberghien ve Delacote (1976) tarafından 7 ila 13 yaşındaki öğrencilerle yapılan klinik görüşmelerle ilgili benzer sonuçlar bildirilmiştir.

Fredette, ve Lockhead (1980) tarafından, öğrencilere üç kablo, yerine takılmamış 2 V'luk bir lamba ve standart bir pilden oluşan bir malzeme koleksiyonu verilmiş ve "lambayı yakabilir misiniz?" sorusu sorularak bir araştırma yapılmıştır. Bu soru temel fizik dersi alan 24 mühendislik öğrencisine sorulmuştur. Deneklerin bir çoğu sınıflarında beş üzerinden iki almıştır. Her bir öğrenci ile tek tek görüşülmüş ve bütün cevaplar kasete kaydedilmiştir.

Görüşmelerden iki yanlış bağlantı planının özellikle yaygın olduğu dikkati çekmiştir. Bu sorular mühendislik 1. sınıf dersinde 57 öğrenciye kısa cevaplı bir quiz notu olarak kullanılmıştır (Şekil 2.1). Bu öğrencilerin bir çoğu aynı zamanda 1. dönem temel fizik dersini alan öğrencilerdir. Öğrenciler, lise seviyesinde elektrikle formal bir ilgisi olmadığı için “yeni başlayanlar” olarak düşünülebilir. Bu sıfatın kullanımı her ne kadar uygun olmayabilirse de, öğrencilerin lisede biraz olsun fen bilgisi dersi görmeksizin üniversitede bir mühendislik alanına girmesi zordur (Fredette ve Lockheed, 1980).



Cevaplar					
A durumunda yanar	B durumunda yanar	Her ikisinde yanar	Hiçbirinde yanmaz	Cevap yok	Toplam
5	19	12	18	3	57

Şekil 2.1 Bir ampulün bir pile bağlantısına ait olasılıklardan ikisi gösterilmektedir. Her bir durum için, lambanın yanıp yanmayacağını ifade edilip, cevabın açıklanması istenmiştir (Fredette ve Lockheed, 1980).

Şekil 2.1’de gösterilen anketin sonuçları bu öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun soruya doğru cevap vermediğini göstermektedir. Bu yanlış cevapların, sorunun yanlış okunduğundan mı yoksa elektrik akımının özünü ilgilendiren daha temel bir kavram yanlışlığından mı kaynaklandığı Fredette ve Lockheed (1980) tarafından aşağıdaki gibi ele alınmıştır.

Öğrencilerin deneme tepkilerinin ilginç bir benzerlik sergilediği bulunmuştur. B deki lambanın yanıp A'daki lambanın yanmayacağını iddia edenlerden beşi açıklamalarında kapalı devre deyimini kullanmıştır; B deki devrenin kapalı A'dakinin ise açık olduğunu söylemişlerdir. Üç kişi B deki lambanın hem pozitif hem de negatif yükleri aldığını A'dakinin ise sadece pozitif yükleri aldığını yazmıştır. Kapalı devre deyiminin kullanımı her iki durumda lambaların yanacağını düşünenlerin arasında bile yaygındır. Burada yedi kişi cevaplarına güvenmektedir. A'da ki lambanın yanacağını söyleyenler arasında açık bir ilişki tespit edilememiştir (Fredette, ve Lockhead 1980).

2.2 Alternatif Kavramların Değişken Kullanımı

Fen Bilgisi eğitiminin tasarımı ile ilgili son yıllarda yapılan araştırmalar, çoğunlukla kavramsal değişim teorisine dayanmaktadır ve öğrencinin eğitimini sağlayan bilginin hangisi olduğunun belirlenmesini gerektirmektedir. Öğrencilerin bilgilerini ne zaman ve nasıl uyguladıklarının anlaşılması da önemlidir. Heller ve Finley (1992) tarafından bir hizmet içi eğitimi fizik dersinde 14 ilköğretim ve ortaöğretim öğretmenine çeşitli nitelikte seri ve paralel devre problemleri sorulmuş ve cevaplarını açıklamaları istenmiştir. Bu öğretmenlerin Heller ve Finley (1992) tarafından kendi içinde uyumlu fakat yanlış ve çelişkili bir akım modelini paylaştıkları bulunmuştur. Buna rağmen, devrelerle ilgili tahminleri oldukça değişkendir. Öğretmenlerin sadece bilgilerindeki değişkenlik değil, bunun yanında bilgilerini ne zaman ve nasıl uyguladıklarındaki farklılıkların anlaşılması, eğitim tasarımı çalışmalarını karmaşık hale getirmektedir.

Heller ve Finley (1992)'e göre, günümüzde fen bilimleri öğretimi açısından önemli bir uğraşı alanı, öğrencilerin doğa fenomenleri hakkındaki alternatif veya sezgisel algılayışlarını değiştirecek ve ilk defa karşılaştıkları problemlerin çözümü için bilgilerini kullanma yeteneklerini geliştirecek müfredat ve işleyiş tasarımları yapmaktır. Araştırmacılar, kavramsal değişimleri hızlandıran anlatım tasarımlarındaki ilk aşamanın öğrencilerin ilk baştaki bilgilerini saptamaktan geçtiği konusunda fikir birliği içindedirler. Kavram yanılgıları literatüründe bulunan ve ön plana çıkan değerlendirmeler, mantık olarak tutarlı, öğretmeye çalışılan bilimsel kavramlara göre değişim gösteren ve esneklik özelliği olmayan kavramlardır. Önsezgisel kavramlar öğretmeye çalıştığımız bilimsel kavramlardan farklı olarak

mantıken tutarlı ve sağlam tutulan kavramlardır. Linn (1986)'ya göre herhangi bir ders konusunda öğrencilerin başlangıç bilgileri, sadece önsezgisel kavramları değil, bunun yanında, önsezgisel kavramların hangilerinin düşünce yapılarında merkezi, hangilerinin çevresel olduğuna yönelik fikirler içermektedir. Merkezi veya *çekirdek fikirler*, öğrenenin bu fikirlerin tersinin gösterilmesi durumunda bile, inanmakta ısrar ettiği fikirlerdir. Çevresel veya *koruyucu kuşak fikirleri* ise, öğrenenlerin çekirdeği savunmak için hiç düşünmeden değiştirdiği fikirlerdir.

Ancak, Heller ve Finley (1992)'e göre öğrencinin sadece çekirdek ve çevresel fikirlerine takılı kalmak yeterli değildir. Her ne kadar öğrencilerin bu fikirleri sergilemeleri beklense de, daha önce karşılaşmadıkları problemleri çözerken çeşitli şekillerde bu fikirleri uygulamaları da beklenebilir. Bu beklenti kısmen öğrencilerin problemleri çözmeleri esnasında zihinsel davranışlarının uyumlu olduğunu gösteren problem çözme literatürüne dayanmaktadır. Yani, öğrenciler bilgilerini karşılaştıkları problemin özelliğine bağlı olarak çeşitli şekillerde uygularlar (Newell ve Simon, 1972). Öğrencilerin başlangıç bilgilerini ve o bilgileri nasıl uyguladıklarını gösteren daha net bir resim, eğitim tasarımlarının etkinliği açısından gereklidir. Heller ve Finley (1992)'e göre, daha özel olarak, eğitim tasarımcılarının aşağıdaki soruların cevaplarını bilmeleri gerekir:

1. Öğrenciler, yaygın olarak hangi kavramsal bilgilere sahiptirler?
2. Öğrencilerin bilgilerindeki değişkenlikler nelerdir? (yani, sadece birkaç öğrenci tarafından paylaşılan kavramlar nelerdir?)
3. Öğrencilerin daha önce karşılaşmadıkları problemleri çözmek için düşüncelerini uygulama şekillerindeki değişiklikler nelerdir?

Bu soruların cevabı eğitim tasarımcısına öğrencilerin çekirdek fikirlerini koruyucu kuşak fikirlerinden ayırt etmelerini sağlar. Bu da tasarımcıya, öğrencilerin hangi fikirlerin değişimine daha çok direnç göstereceğini, ve hangi fikirleri zorlanmaları durumunda çekirdek fikirlerini savunmak için seçeceğini veya değiştireceğini tahmin etmelerini sağlar.

Bu soruların cevapları, tasarımcının, (a) hangi şartlı bilginin (belirli kavramları nerede ve ne zaman uygulayacağı bilgisi) eksik olduğunu, (b) benzer problemleri çözmek için farklı kavramların kullanımına ip ucu olacak iş özelliklerini, belirlemesini sağlar. Bu bilgi sayesinde tasarımcı, öğrencilere hem gereken şartlı bilgiyi hem de problem çözümlerini seçerken ilgili olanları ilgisiz olanlardan ayırt etme kriterlerini öğrenmesinde yardımcı olacak etkinlikleri planlayabilir.

2.2.1 Öğretmenlerin sahip oldukları ortak kavramsal bilgiler

Heller ve Finley (1992)'e göre bütün öğretmenlerin ortak önbilgisi, akımın doğası ve üreteç fonksiyonu hakkındaki düşünceleri ile ilgilidir. İlk bakışta bu öğretmenler akımın doğası ile ilgili farklı görüşlere sahip gibi görünmektedir. Yani, özellikle akımı tanımlaması istendiğinde, akım, elektrik, yük ve enerji arasındaki ilişki ile ilgili kesin olmayan belirsiz ifadeler vermektedirler. Ancak, başlangıçtaki tanımlamaları ne olursa olsun bütün öğretmenler, akımı, lambanın parlaklıklarını tahmin etmeleri veya karşılaştırmaları istendiğinde, enerji gibi düşünmektedirler.

Ayrıca, öğretmenler üretcecin bir akım kaynağı olduğuna inanmaktadır. Dolayısıyla devredeki iletkenler, onlara göre başlangıçta içlerinde akan parçacıklar bakımından boş durumdadır. Öğretmenlerin bir bataryanın farklı devrelere ne kadar akım vereceği ile ilgili iki farklı görüşü vardır. Çoğunluğu, bir üretcecin her devreye aynı miktarda ve sabit akım vereceğine inanmaktadır. Görünüşe göre, sadece bir öğretmen paralel bağlı iki lamba için potansiyel farkın her iki lamba için de aynı olduğunu, dolayısıyla, her bir lambanın aynı akımı alacağını öğrenmiş durumdadır. Öğrendiği bu kuralı aşağıdaki şekilde genelleştirmiştir: Üreteç (voltajı) aynı olduğu sürece, devredeki her lambaya aynı miktarda enerji verilir. Bu öğretmen ön testte yer alan bütün problemlere bu kuralı uygulamıştır: Devre ne olursa olsun bütün lambalar tek başına bağlanmış gibi aynı parlaklığa sahiptir.

Son olarak, Heller ve Finley (1992)'e göre, bir üreteçten sabit bir akım çıkıp bir lambaya girdiği zaman ne olacağına ilişkin iki farklı modele rastlanmıştır, birisi statik ve diğeri dinamik. Öğretmenlerin çoğunluğu ön testte yer alan bir probleme cevap verirken dinamik akım akışı modelini kullanmıştır. Dinamik model aşağıdaki dört varsayımla tanımlamaktadır.

1. Üreteçten sabit akım akar ve akımın bir kısmını “kullanıp, harcayan” bir devre elemanına ulaşana kadar azalmaz.
2. Lambalar akımı harcar.
3. Bir lambanın parlaklığı lambaya akan akımın miktarına bağlıdır.
4. Bir devre yolu üzerinde birden fazla lamba bulunduğunda, her lamba sabit akımın bir kısmını harcar, dolayısıyla bütün lambalara daha az akım ulaşır.

Bu önermelerden üçü genellikle “ardışık” model olarak adlandırılır. Ardışık model Closset (1983) ve Shipstone (1984) tarafından açıklanmaktadır. Son önerme öğretmenlerin modelinde yer almaktadır, çünkü, ön testte yer alan çeşitli problemlere cevap vermek için tutarlı bir biçimde kullanılmıştır. İlk ve son önermenin birbirine tezat oluşturduğuna dikkat edilmelidir. 1. önerme bir geri besleme mekanizmasındaki yetersizliği işaret etmektedir. Son önerme ise, akımın 1. lambaya ulaşmadan diğer lambaların devre içinde yer aldığını “biliyormuş” gibi bir mekanizmayı işaret etmektedir. Bu geri besleme mekanizması hiç bir öğretmen tarafından tanımlanmamıştır.

Heller ve Finley (1992)’e göre, ardışık akım modelinde zamana dolaylı bir bağımlılık vardır. Yani, akım üreteçten akar ve akımı tüketen bir bileşene ulaşana kadar değişmez. Bunun tersine statik akım modeli başlangıç akım akışını göz ardı ederek, aşağıdaki iki önermede tanımlandığı gibi devrenin son hali üzerine odaklanmaktadır:

- i. Sabit akım (enerji) kablolar içinde ve devredeki bütün lambalara eşit şekilde dağılır.
- ii. Devredeki herhangi bir lambanın parlaklığı lambanın aldığı enerji miktarına bağlıdır.

Statik model, bir devrede akımın bütün noktalarda aynı olduğunu ve bir devredeli bütün lambaların (seri veya paralel) aynı parlaklığa sahip olduğunu, çünkü, her birinin aynı miktarda enerji aldığını tahmin etmeye yol açar. Bu 13 öğretmenden sadece biri ön testte yer alan bütün problemleri cevaplamak için statik modeli tutarlı olarak uygulamıştır.

Örnekleme iki öğretmen statik veya ardışık akım modeli kullanarak sınıflandırma yapamamışlardır. Bir deneğin, lambalara akan akım için tam olmayan dinamik modele sahip olduğu görülmüştür. Üretcin her iki ucundan sabit bir miktarda akımın aktığına inanmaktadır. Ancak, ön testte yer alan soruları cevaplarırken aşağıdaki deneysel kuralı kullandığı görülmektedir; Lamba üretceğinden ne kadar uzakta bulunuyorsa, o kadar sönük yanar. Bu kural, lamba veya kabloların akımı harcadığı ile ilgili herhangi bir düşünceye dayanmamaktadır. Diğer öğretmenin, öğrenilen bilginin rasgele parçaları olan statik modeli ve dinamik modeli bu sorulara cevap vermede kullandığı görülmüştür. Akım akışıyla ilgili tutarlı hiçbir modele sahip olmadığı görülmüştür. Örneğin, seri bağlı iki lambanın aynı parlaklığa sahip olduğunu, çünkü, lambaya giren ve çıkan aynı miktarda DA olduğunu söylemiştir. Ancak, üretceğe yakın bir noktadaki akımın, ikinci lamba seri olarak bağlanmadan önce ve sonra aynı olduğunu, çünkü, akımın daha dirençli ortam (bakır kablo ve filament) içinden geçene kadar azalmayacağını söylemiştir.

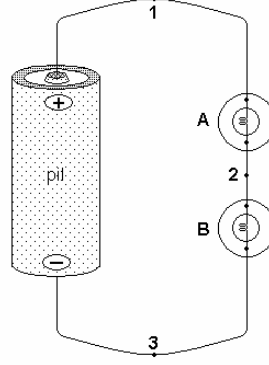
2.2.2 Öğretmenlerin bilgi farklılıkları

Önceki kesimde ele alınan analiz, öğretmenlerin çoğunluğu için akımla ilgili ortak kavramların, akımın doğası, üretcin işlevi ve yeni bir lamba bağlandığında akıma ne olacağı ile ilgili sekiz önermeden oluştuğunu göstermektedir (Heller ve Finley, 1992). Öğretmenlerin bilgilerindeki değişkenlikler akımın yönü, kabloların akım üzerindeki etkisi ve bir bağlantı noktasına geldiğinde akıma ne olduğu ile ilgilidir. Akım elektriğinin bu özellikleri ile ilgili öğretmenlerde yer eden farklı kavramlar aşağıda tarif edildiği gibi seri ve paralel bağlı lambaların parlaklıklarını tahmin etmelerinde değişkenliklere sebep olmaktadır.

2.2.2.1 Akımın yönü

Heller ve Finley (1992)'in çalışmasında ardışık modelci öğretmenler, akımın yönü ile ilgili üç farklı kavram sergilemektedir: Birincisi, akım üretcin her iki kutbundan da akar, ikincisi, negatiften pozitif kutba akar, üçüncüsü, pozitiften negatif kutba doğru akar. Dolayısıyla, seri bağlı iki lambanın parlaklıkları konusunda üç farklı tahmin vardır. Eğer akım her iki uçtan akarsa, iki lambanın parlaklıkları aynı olur, çünkü, her biri aynı miktarda akım çeker. Ancak, akım bir yönde akarsa, takılan ikinci

lamba ilk lambadan daha zayıf yanar. Çünkü, akımın bir kısmı birinci lamba tarafından harcanmıştır. Akımın akabileceği iki yön olduğu için de bu durumda iki farklı tahmin söz konusudur: Eğer akım, üretcin pozitif ucundan akıyorsa A lambası B'den daha parlaktır. Eğer akım negatif uçtan akıyorsa, B lambası A'dan daha parlaktır (Şekil 2.2).



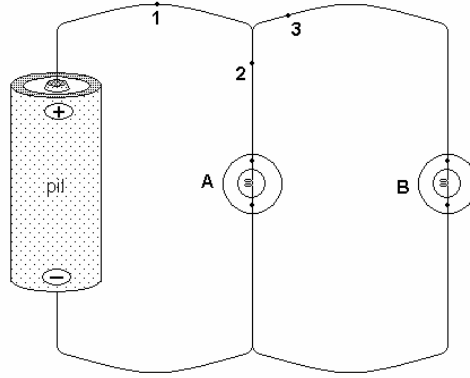
Şekil 2.2 Seri bağlı devre (Heller ve Finley, 1992).

2.2.2.2 Kabloların akım üzerindeki etkisi

Öğretmenler kabloların akım üzerindeki etkisi ile ilgili olarak da farklı kavramlara sahiptir: Bunlardan biri kabloların sadece akımı lambalara ilettiği, diğeri kablolar akımı harcadığıdır. Şekil 2.2'ye göre kabloların akımı harcadığına inanan öğretmenler, “lamba üretcin ucundan ne kadar uzaksa o kadar zayıf yanar” kuralını genelleştirme eğilimindedir. Paralel devreler için, bu kuralın uygulanması iki paralel lambanın parlaklıkları için farklı tahminleri ortaya çıkarmıştır. Yani, eğer kablolar akımı harcıyorsa, üretece uzak olan lamba yakın olandan daha zayıf yanar. Diğer taraftan, eğer kablolar akımı sadece iletiyorsa, bütün paralel lambalar aynı parlaklıkta yanar.

2.2.2.3 Bağlantı noktalarındaki akım

Öğretmenler akımın bir bağlantı noktasına gelmeleri durumunda ne olacağı ile ilgili çok sayıda farklı kavramlara sahip olduğunu göstermektedir. Sekiz farklı bağlantı modelinden sadece dördü bir bağlantı noktasında akımın bölünmesi veya ayrılması ile ilgilidir. Geri kalan modellerde ise akımın bölünmesi hiç akla gelmemektedir.



Şekil 2.3 Paralel bağlı devre (Heller ve Finley, 1992).

Bu farklı modeller çoğunlukla, paralel lambaların parlaklıkları ile ilgili farklı tahminlerden kaynaklanmaktadır. Örneğin, eğer yakın dolan döngüye biraz daha az akım akıyorsa, A lambası B lambasından daha zayıf yanacaktır (Şekil 2.3). Diğer taraftan, eğer akım bağlantı noktasında eşit olarak bölünüyorsa, A lambası B lambası ile aynı parlaklıkta olacaktır (Heller ve Finley, 1992).

2.3 Elektrostatikte Nitel ve Nicel Problem Çözme Alışkanlıkları

McMillan ve Swadener (1991)' e göre, eğitim çalışmalarının temel amaçlarından biri, problem çözümünde karşılaşılan kavramsal becerileri açığa çıkarmaktır. Nicel problem durumlarında nitel anlayışın tercih edilmesi yönünde baskın bir istek söz konusudur. de Kleer (1977), McDermott ve Larkin (1978), Novak (1977) ve Simon ve Simon (1978) tarafından, fizikte problem çözümü ile ilgili olarak yapılan araştırmalar, problem durumlarının anlaşılmasının önemine vurgu yapmaktadır. Problem durumunun anlaşılması, problemi çözen kimseye, alt hedefleri ve problem çözme metotlarını doğrudan doğruya seçmede yardımcı olacak ilişkileri görme fırsatı verir. Larkin (1977), Simon ve Simon (1978), bir problemin soyut gösterimlerini oluşturma yeteneğinin, uzman problem çözücülerine, acemi problem çözücülerini karakterize eden karmaşık araştırmaları takip etmek yerine problem çözme basamaklarını akla getirme fırsatı verdiğini bildirmiştir. Bu özellik problem çözümenin mekaniksel olmak yerine anlamakla olması gerektiğini söyleyen uzun vadeli görüşle de uyumaktadır. Simon ve Simon (1978) tarafından, kinematikte acemi ve uzman problem çözme davranışı üzerine yapılan çalışmada, acemilerin araç-amaç analizini kullanırken, uzmanların ise problemi “fiziksel gösterimler” e

dönüştürdüğü tespit edilmiştir. Fiziksel gösterimler uygun fiziksel ilkelerin uygulanmasını sağlamaktadır.

McDermott ve Larkin (1978), bir uzmanın mekanikteki problemleri çözmek için fizik ilkelerini nasıl kullandığını bilgisayar simülasyonu ile yapan bir problem çözme modeli geliştirmiştir. Bu modeldeki problem çözücüler, problemlerin Simon ve Simon (1978) tarafından ortaya konulan fiziksel gösterimlerini, problemin nitel özelliklerini özetleyerek yapmaya çalışmaktadırlar. Ortaya çıkan nitel özellikler bir problem çözme metodunu seçmek için kullanılmaktadır. Son olarak, nicel denklemler asıl problemi çözmek için oluşturulmaktadır.

Bir problem çözme durumlarına çözümler üretmek, gerçeklere dayanan ve işlemlere dayanan olmak üzere en azından iki türlü bilgi gerektirir. Gerçeklere dayanan bilgi, bilgiden ayrılmış bilgilerdir; örneğin, kuvvet eşittir kütle çarpı ivme. İşlemsel bilgi ise, olayları ne zaman ve nasıl kullanılacağına bilgisidir; örneğin, kuvvet kavramıyla ilgisi olan durumları belirlemek ve ayrıca nasıl kullanılması gerektiğini bilmek gibi. Problem çözmeye bu özellikleri biliyor olmaya “şart-eylem” işlemi adı verilmektedir. Bir problem durumunda, şart tanımlanır ve sonucundaki eylem seçilir. Bilgisayar kullanılarak yapılan modeller, bir problem çözme eylemine ek olarak altında o eylemin yapılması gereken şartı içeren “prodüksiyon” ünitesine sahiptir (Anderson, 1983; Newell ve Simon, 1972). Bu tür bilginin sırf matematiksel işlemleri manipüle etme becerisinden daha üst düzeyde düşünme olduğu sanılmaktadır (McMillan ve Swadener, 1991).

Problem çözmeye yönelik nitel ve “anlama”yı gerektirdiği düşünülen bir yaklaşım da problem betimlemesidir. Bu yaklaşımı sağlamak için, de Kleer (1977) tarafından yapay zekaya dayanan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bilgisayar, mekanikteki sözlü problemleri resimli gösterimlere çevirmektedir. Resimli gösterim, daha sonra, problemle ilgili nitel sorulara cevap vermek için kullanılmaktadır. Larkin (1980), bir deneyinin sonucunda, özellikle nitel teorik gösterimler olmak üzere, fizikte problem betimlemeleri kullanmanın doğrudan önemli olduğunu önermektedir. McDermott ve Larkin (1978), uzmanların bir fizik problemiyle karşılaştığında bir durum “taslağını” çizme işlemini modelleyen bir bilgisayar programı yazmıştır. Bu model, tersinden bakıldığında probleme bir çözüm üreten denklemlerin temsil

edildiği nitel bir problem gösterimi üretmektedir. Dolayısıyla, sağlam işlemsel bilgileri ve problem gösterimleri (nitel anlama) fizikte becerikli problem çözmeye bütünü bir parçası olarak önerilmektedir.

2.4 Basit Elektrik Devrelerinde Potansiyel Fark ve Akım

Cohen vd. (1993)'nin yaptığı çalışmada öğrencilerin basit elektrik devreleri ile ilgili kavramlarının belirlenmesi tasarlanmıştır. 145 lise öğrencisi ve 21 fizik öğretmenine bir tanı anketi uygulamışlardır. Anket, bir elektrik devresinde değişkenler arasındaki fonksiyonel ilişkilerin öğrencilerce anlaşılmasını incelemek üzere tasarlanmış çoğunlukla nitel sorulardan oluşmaktadır. Cevapların analizinden, akımın öğrenciler tarafından birincil kavram olarak kullandığı, potansiyel farkın akımın sebebi olmak yerine bir sonucu olduğunun kabul edildiği ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda öğrenciler $V=IR$ yi çoğunlukla yanlış kullanmaktadır. Bir üreteç sabit bir akım kaynağı olarak kullanılmaktadır. Elektromotor kuvveti (EMK) ve iç direnç kavramları iyi anlaşılmamaktadır. Öğrenciler devrenin bir bileşenindeki herhangi bir değişikliğin devrenin geri kalan kısmına nasıl etki ettiğini analiz etmekte zorluk çekmektedir. Bunun muhtemel sebebi öğrencilerin çeşitli değişkenlerin aynı anda değişmesinden kaynaklanan daha genel zorluklardır.

Elektrik konuları öğrencilerin aldıkları derslerde değişik zamanlarda verilmektedir. İlköğretim ve ortaöğretimde bir çok fen bilgisi müfredatında elektrikle ilgili bazı kavramlar oldukça erken verilmektedir. Bu konu genç çocukların hayal güçlerini etkilemenin yanında nispeten kolay, elle yapılabilecek aktivite fırsatları sağlamaktadır. Ancak, elektrik öğretimi ile ilgili tecrübeler lise ve kolejlerde öğrencilerin bu konuya sistematik ve yeterince ileri düzeyde bir çalışmadan sonra bile basit devreleri nitel olarak analiz etme yeteneğinden hala yoksun olduklarını göstermektedir. Benzer bulgular Arons (1982) tarafından da bildirilmiştir.

Johnstone ve Mughol (1978), Fredette ve Clement (1981) gibi başka araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda direnç, kısa devre gibi kavramlarla ilgili öğrenci zorlukları gösterilmektedir. Iona (1979), bir çok öğrencinin bir direnci “akımı çeken” bir şey olmak yerine akım akışına karşı bir “engel” olarak gördüğünü belirlemiştir. Cohen vd. (1993)'ne göre bu tarif dirençlerin seri bağlanmasında iyi

çalışır fakat, paralel bağlantı için geçerli olamaz. Bir direncin (paralel olarak) eklenmesinin toplam direnci düşürmesi bir çok öğrenciye şaşırtıcı gelmekte ve matematiksel ve soyut bir olgu olmaktadır.

Cohen vd. (1993)'ne göre, Potansiyel fark ve akım, elektrik devrelerinin anlaşılması için gerekli anahtar kavramlardır ve potansiyel farkın akım akışına sebep olmasından dolayı birincil kavram olduğuna inanmaktadırlar. Lise ve kolejde potansiyel fark kavramının öğretilmesine bir hayli zaman harcanmasına rağmen, bir çok öğrenci potansiyel farkın merkezi rolünü görememekte ve akım birincil kavram olarak kalmaya devam etmektedir. Basit bir üreteç, tipik bir EMK ye sahip voltaj kaynağı olmak yerine, çoğunlukla akım kaynağı olarak düşünülmektedir. Bundan başka, potansiyel fark öğrencilerin hem $V=RI$ (formülünü) kullanarak hem de voltmetrenin gösterdiği değeri deneysel olarak okuyarak ilişkilendirebileceği soyut bir kavram olarak kalmaktadır. Dolayısıyla, bir elektrik devresinin bağlantısız noktaları arasında bir potansiyel fark olabileceğini akla getirmemektedirler. Potansiyel fark ve akımı (enerji ve elektrik alan bağlamında) ilişkilendiren bir mekanizma net olarak anlaşılmamakta ve bu ikisi arasındaki ilişki mecburen matematiksel olarak görülmektedir. Öğrencilere yöneltilen problemler sayısal olduğu sürece, mekanik düşünmek yerine Kirchhoff kurallarını kullanabilmektedirler. Ancak, algoritmik işlemlerin yerine bir takım fiziksel bakış açılarının gerektiği nitel bir problem yöneltildiğinde çok ciddi problemler yaşamaktadırlar. Bu çerçevede öğrenciler çoğunlukla kendilerini “yerel” bir bakış açısına kaptırma eğilimindedirler. Devrenin bir bölümündeki değişikliğin diğer bütün bölümlerde değişmeye sebep olacağını farkında değildirler.

2.5 Öğrencilerin Algılayışlarının İncelenmesi

McDermott ve Shaffer (1992)'in yaptığı çalışmalarda Washington Üniversitesi Fizik Eğitimi Grubu uzun yıllar süren koordineli bir araştırmada, müfredat gelişimi ve ders anlatım programını sürdürmüştür. Fiziğin çeşitli alanlarındaki öğrenci zorlukları incelenmiş ve bu araştırmanın sonuçları bu zorluklara hitap edecek şekilde özel öğretim stratejileri tasarlamak amacıyla kullanılmıştır.

Bu kaynaklardan kazanılan bakış açıları, geniş gruplara eğitimin verilmesinden önce, verilmesi sırasında ve sonrasında test ve ders sorularında uygulanan yazılı soruları formüle ederken rehberlik edebilir. Sorulara verilen cevapların analizi, bilinen zorlukların anlaşılmasını derinleştirmekle kalmayıp, diğer ders konularında da bu araştırmanın çerçevesini genişletme fırsatı verir. Bunun yanında geniş ölçekli yapılan testler belirli zorlukların önceliğini ve direnişliliğini tahmin etme fırsatı verir.

McDermott ve Shaffer (1992)'ın yaptığı araştırma, esas olarak gerçek devrelerde kullanılan lambaların bağıl parlaklıklarını öğrencilerden tahmin etmeleri beklenen bireysel görüşmelerden oluşmuştur. Başlarda, konfigürasyonlar biraz karmaşıktır, fakat daha sonraları birçok öğrencinin çok basit devre çalışmalarında zorluklar çektikleri açıkça ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı sadece tekli ideal pil ve iki veya üç lambadan oluşan devrelere yoğunlaşmaya karar verilmiştir. Daha sonra çalışmaya çok daha karmaşık devreler dahil edilmiştir. Öğrenci zorluklarına yönelik bilgiler arttıkça sorgulama metodu, görüşmeler düzeyinden yazılı testlere doğru kaydırılmıştır.

Bu çalışmaya katılan öğrencilerin çok geniş bir aralıkta değişen fizik alt yapıları söz konusudur. Yelpazenin bir ucunda fizikte daha önce formal bir eğitim görmeyen öğrenciler bulunurken diğer ucunda konuyla ilgili alt ve üst seviyede dersleri tamamlayan öğrenciler bulunmaktadır. Diğer katılımcılar özel fizik derslerinin sürdürüldüğü bütün sınıflarda aday ve uygulama yapan öğretmenlerdir.

2.6 Belirli Öğrenci Zorluklarının Belirlenmesi

Basit devreleri analiz ederken öğrencilerin sahip olduğu kavramsal ve mantıksal zorluklar çeşitlilik ve görülme sıklığı açısından değişim göstermektedir. Bazı zorluklar eğitim süreçlerinde kaybolmaya yatkındır. Fakat, diğerleri belirsiz olarak direnişli olabilmekte ve daha ileri konuların öğrenilmesini engellemektedir. DA devrelerini çalışırken, öğrenciler tarafından yapılan yanlışların detaylı olarak incelemesinden elde edilen sonuçlara göre, altı çizilmesi gereken belirli zorluklar saptanmıştır.

Bu zorluklar üç genel kategoriye ayrılmıştır; formal kavramları bir DA devresine uygulama yetersizliği, bir elektrik devresinin formal gösterimlerini kullanma ve ilişkilendirme yetersizliği ve bir elektrik devresinin davranışı ile ilgili nitel mantık yürütme yetersizliği. Bu sınıflandırma, her ne kadar organize edilmiş bir çalışma çerçevesi için uygun olsa da, kesinkes özel değildir. Bir kavram, tanımı ve uygulamasından kaynaklanan mantık işleminden ayrılamayacağı gibi diyagramlar, grafikler ve denklemler gibi kavramsal elemanlardan yoksun formal gösterimleri kullanma ve ilişkilendirme yeteneğinden ayrı düşünülemez. Bunun yanında öğrenciler tarafından bireysel olarak yapılan yanlışları sınıflandırmada, bir dereceye kadar belirsizlik söz konusudur. Belirli zorlukları dile getirmek için etkin eğitim stratejilerinin tasarımı, kullanılan mantığa ait bilgilerin bilinmesini gerektirmektedir. Herhangi bir hata, bir kavramsal hata veya mantık hatasının belirtisi olabileceği gibi her ikisinin bir bileşimi de olabilir. Eğer hatalı yorumlama, bir kavramla ilgili zorluğun özünde yatıyorsa, sadece o kavrama odaklanmak öğrencinin ihtiyaç duyduğu yardımı sağlamaz. Bunun yanısıra öğrenciler farklı farklı nedenlerden dolayı aynı belirgin hatayı yapabilirler.

Her ne kadar özel bir hatanın ne derece öncelikli oluşunun belirtisini verse de, müfredat geliştirmede yardım edebilecek yeterlilikte detaylı bilgi sağlamaz. Dikkatin sadece belirtilere değil, altında yatan sebeplere verilmesi gerekir.

2.6.1 Formüle dayalı kavramları elektrik devrelerine uygulama yetersizliği

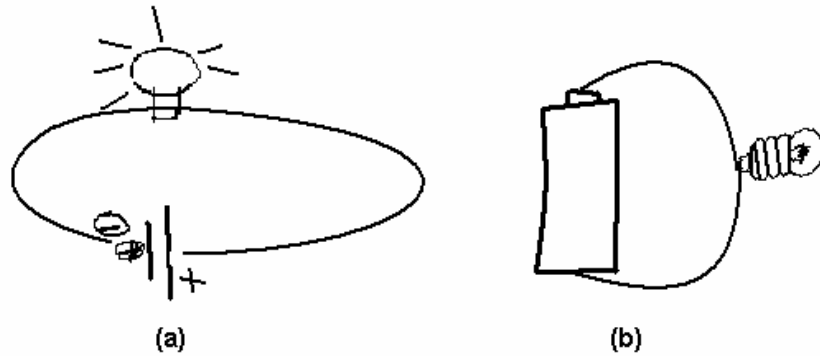
Fizikte formüle dayalı bir kavrama öğrencilerin verdiği anlam, çoğunlukla aynı kavramı bir fizikçinin kullanmasından oldukça farklıdır. Bu bölümde basit DA akımlarını karakterize etmede kullanılan temel kavramların öğrencilerce nasıl anlaşıldığı incelenmektedir. McDermott ve Shaffer (1992), bu kavramlarla ilgili zorlukları tartışmadan önce, daha genel üç durumu ele almıştır.

2.6.1.1 Konunun doğal zorlukları

İşlemsel tanımlar, teknik terimlerin bütün fizikçilerce paylaşılan kesin ve belirsiz olmayan anlamı olduğunu ortaya koyar. Buna karşılık, bu araştırmada yer alan öğrenciler, akım, voltaj, enerji ve güç kavramlarını yanlış ve bazen birbirleriyle

karıştırarak kullanmaktadırlar. Her ne kadar bir çok öğrenci, bu konular için tanımlar ifade edebiliyor ve temsil için cebirsel sembollerle işlemler yapabiliyor olsa da, bir kavramı diğerleriyle ilişkilendirmede veya gerçek bir devrede uygulamada yetersiz kalmaktadırlar.

Seri bağlı, özdeş iki lambadan oluşan gerçek bir devre, matematik işlemlere dayalı fizik dersi okuyan öğrencilere gösterildiğinde, bir çoğu bir lambanın diğerinden daha parlak yanacağını tahmin etmiştir. Farklı öğrenciler bir elektrik devresinde "harcama" sözcüğü ile ifade edilen niceliği farklı kavramlarla belirlemiştir. Bazı öğrenciler de birden fazla kavram adı vermişlerdir. Sözcüklerin ayırt edici olmayan tarzda kullanımı öğrencilerin parçalanmış anlayış yapısını yansıtmaktadır. Sözcüklerin herkes tarafından aynı anlamda kullanılmaması bir öğrencinin teknik bir terime yüklediği anlamın net olarak açıklanmasını imkansızlaştırmaktadır.



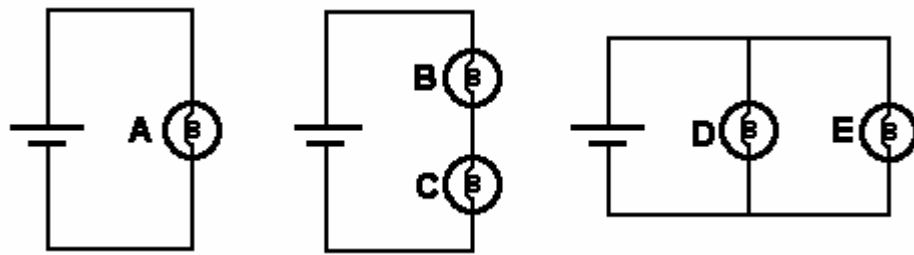
Şekil 2.4 Bir lamba, bir pil ve tek parça bir kablo verilen öğrencilerin lambayı nasıl yakacaklarını göstermek üzere çizdikleri diyagramlar (McDermott ve Shaffer, 1992).

Bir çok öğrenci temel elektriğin formal kavramlarını oluşturmada kullanabilecekleri gözlemsel veya deneysel bir altyapıya sahip değildir. Alt yapıdaki bu eksiklik öğrencinin elektrik kavramlarını gerçek devrelere uygulamada ciddi bir engel olabilir. Kalkulus bazlı geniş bir ders grubunda yapılan bir araştırmada, öğrencilerin %60'ının basit devrelerle ilgili önceden deneyim eksikliği içinde olduğu bulunmuştur. Sadece %15'lik bir bölümüm üreteç ve lambalarla bir tanışıklığı bulunmuştur (McDermott ve Shaffer, 1992).

Bir çok fizik öğretmenine göre, kapalı devre kavramı genel olarak derse girişte verilecek, üstüne düşülmeyecek kadar basit bir kavramdır. Bir çok öğrenci tanımları kolaylıkla öğrenmekte fakat o kavramın uygulamasını gerektiği biçimde geliştirememektedir. Bazı öğrenciler bir ampul, bir pil ve kablodan oluşan devreyi Şekil 2.4'deki gibi çizerek ampulün iki ucuna pilin iki ucunun ayrı ayrı bağlanması gerektiğini düşünmemektedirler.

2.6.1.2 Elektrik devreleri ile ilgili kavramlar

Bir çok öğrencinin, elektrik devrelerinde çektiği zorlukların sebebi, akım kavramını yeterince anlamamalarından kaynaklanmaktadır. Öğrencilere, özdeş A, B, C, D ve E lambalarından oluşan Şekil 2.5'deki devre çizilmiş ve ampullerin parlaklıklarını karşılaştırmaları istenmiştir. Bu soru, Washington Üniversitesi'nde 500'den fazla öğrenciye sorulmuştur. Sonuçta, çok önemli kavram yanlışlarının olduğu ortaya çıkarılmıştır. Cebire dayalı ders alanların, ancak %10'u, matematiğe dayalı öğrencilerin ise ancak %15'i doğru sıralamayı yapabilmıştır. Bu problem nicel olarak veya nitel olarak çözülebilir. Ohm kanunu kullanılırsa, doğru sıralama bulunacaktır. Ancak, görelî sıralama yapmak için, hesap yapmaya gerek yoktur. Basit nitel bir modeli kullanmakla sonuca gitmek yeterlidir. A, D ve E lambalarının aynı parlaklıkta ve kendi aralarında aynı parlaklıkta olan diğer B ve C lambalarından daha parlak yanacağı görülebilir.



Şekil 2.5 Öğrencilerden göreceli parlaklıklarını sıralamaları istenen özdeş beş lamba. Pillerin ideal olduğu varsayılmıştır. Doğru cevap; $A=D=E>B=C$ (McDermott ve Shaffer, 1992).

Lambaların sıralamasında bazı öğrenciler akım yönünün ve elemanların sırasının fark oluşturacağını düşünmektedirler. Bir öğrenci, A, B, D ve E'nin eşit parlaklıkta olduğunu söylemiştir. Sebebi ise, akımın daha önce hiç bir elemandan geçmeksizin

bu lambalara gelmesidir. Bu öğrencinin mantığına göre, C lambası B'den daha az parlaktır. Çünkü, akım C'ye gelmeden B'den geçerken bir dirençle karşılaşmıştır. Aynı mantıktaki diğer öğrenci, C'nin daha parlak yanacağını söylemiştir.

Akımın "harcanma" zannı, genel bir kavram yanılgısıdır. Daha önce belirtildiği gibi, akım, öğrencilerin zihninde kesin olarak belirlenmiş bir kavram değildir. Öğrenciler, akımın pil tarafından sabit olarak üretildiğine ve devre elemanlarınca "tüketildiğine" inanmaktadırlar. Lambaların görelî parlaklıklarını sıralarken bir çok öğrenci, seri bir devredeki bir lambanın diğerinden daha parlak yanacağını tahmin etmektedir. En yaygın yanlış açıklamaları ise, B'nin C'den daha parlak yanacağı çünkü önce B'nin akımı harcayacağı, C'nin ise kalanını harcayacağı şeklindedir. Nicel problemler çözerken, bu öğrenciler elemanlar seri bağlandığında bir devredeki akımların aynı olacağını varsayabildikleri halde, nitel problemlerde akımın korunacağı ifadesi soyut bir kavram olarak kalmaktadır.

Öğrencilerin DA devreleri ile ilgili çektikleri belki de en yaygın ve katı zorluk, üreticilerin sabit akım kaynağı olduğudur. Yani, bir üreticiden geçen akımın daima aynı değerde olması. Akımın belirlenmesinde direncin kritik rolünü çoğunlukla göz ardı ederler.

2.6.1.3 Potansiyel fark ile ilgili zorluklar

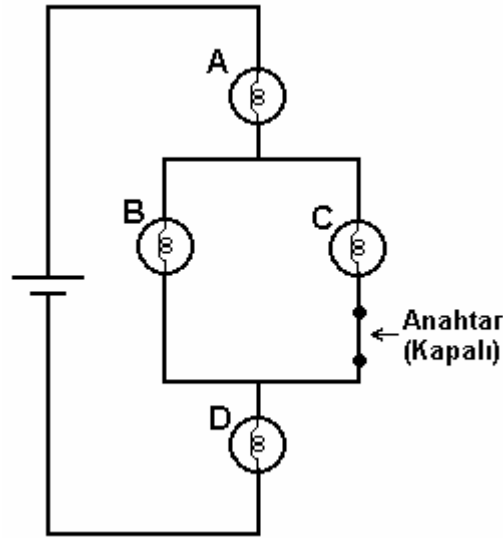
Öğrenciler potansiyel fark ve akım arasındaki farkı çoğunlukla net olarak ayırt edememektedirler. Genellikle, bu önemli kavramsal boşluk, üreticinin rolünü de belirsiz hale sokmaktadır.

Bir çok öğrenci, bir üreticinin eğer ideal ise, bağlandığı ağıdan bağımsız olarak uçları arasında sabit potansiyel fark sağlayan bir araç olduğunu düşünmemektedir. Buradaki "ağ" terimi devrenin kalan kısmına belirgin iki uç ile bağlı bir devre parçasını ifade etmektedir.

Yazılı bir sınavda, öğrencilerden Şekil 2.6'daki anahtarın açılmasının B lambasını nasıl etkileyeceğini tahmin etmeleri istenmiştir. B'nin uçları arasındaki potansiyel fark artacağı için, B'nin parlaklığı artar. Ancak, bir çok öğrenci, parlaklığın aynı kalacağını, çünkü, B'nin paralel bağlantısının bir parçası olduğunu savunmuşlardır. Bu

öğrenciler, paralel kolların bir diğerinden bağımsız olduğu şartları tanımada başarısızlığa düşmüşlerdir. Eğer bir ideal üretcin uçlarına iki paralel kol bağlanırsa, bir tanesinde yapılan değişiklik diğerini etkilemez. Ancak, paralel iki kol, bir üretcin uçlarına bağlı değil ise, bir tanesinde yapılan değişiklik diğerini etkileyecektir. Bu iki türdeki bağlantı arasındaki farkı ayırt edebilme becerisi ideal yerine gerçek üretçiler ortaya konulduğunda önem kazanır. Gerçek bir üretci seri bağlı haldeki bir dirençle ideal bir üretç şeklinde temsil etmek yaygındır.

Matematiğe dayalı bir dersin sınavında, öğrencilere Şekil 2.6'daki devre diyagramı gösterilmiştir. Anahtarın kapalı olması durumunda, lambaların parlaklık sıralaması istenmiştir. Doğru sıralamanın ($A = D > B = C$) A ve D lambalarından geçen akımın B veya C lambalarından geçen akımdan daha büyük olduğu göz önüne alınarak veya A ve D lambası uçlarındaki potansiyel farkın B ve C'nin paralel kombinasyonunun uçları arasındaki potansiyel farktan büyük olduğu düşünülerek yapılabilir.



Şekil 2.6 Özdeş lambalardan oluşan devre için öğrencilere, (1) anahtar kapalı iken lambaların birbirine göre parlaklıkları, (2) anahtarın açılması her bir lambayı nasıl etkilediği sorulmuştur (McDermott ve Shaffer, 1992).

Öğrencilerin % 35'i tarafından verilen yanlış cevapların en sık rastlanılanlarından birisi; $A > B = C > D$ olmuştur. Genelde bu tahmin şu iki yanlış açıklamadan birisi ile desteklenmektedir. Bazı öğrencilere göre, akımın A, B ve C tarafından

"harcanmasından" dolayı D ye az bir akım kalmaktadır. Bazı öğrenciler ise A'nın en parlak olduğunu, çünkü potansiyelin en büyük olduğunu, B ve C lambalarının daha sonra geldiğini, çünkü onların aynı potansiyelde olduğu, D'nin ise en düşük potansiyelden dolayı en sönük yandığını söylemektedirler. Öğrencilerce yapılan bu açıklamalar, potansiyel ve potansiyel fark kavramları arasındaki farkı ayırt edememe başarısızlığını göstermektedir. Öğrenciler, lamba parlaklığının, devre içinde nerede değil, nasıl bağlı olduğuyula ilişkili olduğunu düşünememektedirler. Yanlışlıkla, parlaklığı lambanın uçları arasındaki potansiyel fark ile ilişkilendirmek yerine, lambanın bir ucundaki potansiyel değeriyle ilişkilendirmektedirler.

2.6.1.4 Dirençle ilgili kavramlardaki zorluklar

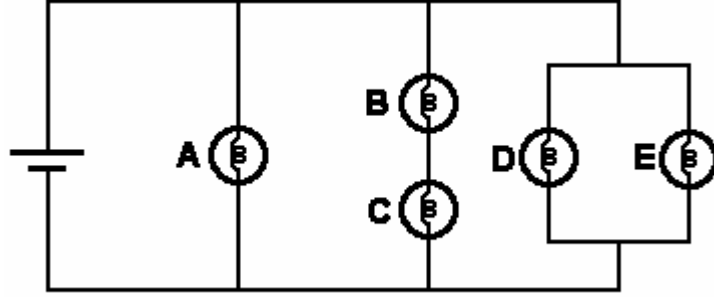
Akım ve potansiyelin yanında, direnç kavramı da bir elektrik devresinin analizinde gerekli bir kavramdır. Öğrencilerin direncin manasını yeterince anlamadığı anlaşılmaktadır.

İyi Öğrenciler arasında bile görülen çok temel bir yanlış, öğrencilerin başlangıçta devre dizilimi yerine, devre elemanı sayısına odaklandığı gözlenmiştir. Öğrenciler, Şekil 2.5'teki B, C, D ve E'nin aynı parlaklıkla, fakat, A dan daha zayıf olduğunu söyledikten sonra, bu dört lambanın, her birinin A'nın yarısı parlaklıkta yanacağını, çünkü aynı güçteki üreticinin iki lambaya bağlı olduğunu söylemektedirler. Bir başka deyişle, öğrenciler, özdeş iki lamba bir üretece bağlanırsa, nasıl bağlandığına bakmaksızın sonuçların aynı olacağını söylemektedirler.

Akımın paralel kollara nasıl ayrılacağına belirlenmesinde, bazı öğrenciler kolların bağlı dirençlerini değil de sadece direnç sayısını göz önüne almaktadırlar. Şekil 2.7'deki lambaların bağlı parlaklıkları için yapılan aşağıdaki tahmin ve açıklamalar bu yanlışlığı göstermektedir. "A=B=C>D=E'dir, akım [üç] kol arasında eşit olarak paylaşılır. B ve C, A'ya eşittir. Çünkü, her lambadan akım aynı anda geçer. D ve E lambaları daha az parlaktır, çünkü, akım aralarında ikiye ayrılır."

Paralel kolların bağlı dirençlerini hesaba katmadaki başarısızlık, öğrencilere Şekil 2.7'deki üç devrede gösterilen lambaların parlaklık sıralaması sorulduğu zaman da ortaya çıkmaktadır. Ancak, bu durumda, A=B=C>D=E sıralaması devredeki akımın

içinden geçtiği devreden bağımsız olarak, sabit olduğu fikrine bağlanabilir. Öğrencilerin, (Şekil 2.5’de yaptıkları gibi) her üç üreteç içinden geçen akımın sabit olduğunu, veya (Şekil 2.7’de yaptıkları gibi) her üç koldaki akımın aynı olduğunu düşünmelerinden olsa gerek, benzer şekilde yanlış sıralamaya yönelmeleri mümkündür. Farklı türdeki yanlış yorumlamanın bir soruya benzer cevaplar verdirebileceği gerçeği, öğrenciler tarafından bilmeden yapılan hataların sınıflandırılmaya çalışılmasının zorluğunu göstermektedir.



Şekil 2.7. Şekil 2.5’te gösterilen devre çizimlerinin değişik hali. Bu durumda, lambaların göreceli parlaklıkları pilin ideal olup olmadığına bağlı değildir (McDermott ve Shaffer, 1992).

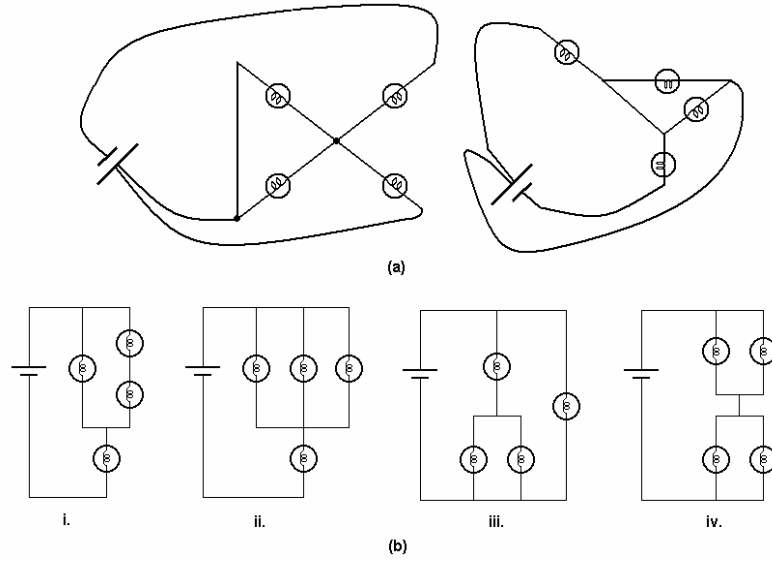
Eleman sayısı üzerine odaklanıp, yerleşim yerlerini göz ardı eden öğrenciler, direnci devre elemanı sayısı ile artan bir fonksiyon olarak görmektedirler. Devreye paralel eklenen bir elemanın dirence olan etkisini hesaplamak için öğrenciler bir formül kullanabiliyor olsalar bile, eşdeğer direncin bir eleman ilavesiyle azalacağı gerçeğini kendiliklerinden akla getirememektedirler.

Daha karmaşık bir seviyede bir devrenin eşdeğer direncini tek bir elemanın direncinden ayırt etme zorluğunun oldukça yaygın olduğu bulunmuştur. Bir ders sınavında Şekil 2.5’deki beş lambanın bağıl parlaklıklarını tahmin etmeleri istendiği zaman, matematik bazlı sınıftaki öğrencilerin neredeyse hiçbiri nitel olarak eşdeğer direnç kavramını kullanarak problemi nitel olarak çözmeye çalışmamışlardır. Öğrencilerin yaklaşık %40 ı seri ve paralel devrenin eşdeğer direncini bulmak için hemen formüllere sarılmaktadırlar. Daha sonra cevaplarını (R , $2R$, veya $R/2$) olarak güç formülünde yerine koyup devredeki her bir lambanın parlaklığıyla elde ettikleri sonucu ilişkilendirmektedirler. Dolayısıyla, bu öğrencilerin sıralamaları kullandıkları

formülün ($P=I^2R$ veya V^2/R) yapısına bağlı olmaktadır. Örneğin eşdeğer direnç için değerler $P= V^2/R$ formülünde yerine konulduğunda ortaya çıkan lamba sıralaması $D=E>A>B=C$ olmaktadır. Öğrencilerin tek başına bir elemanın direncini o elemanın yer aldığı bir devrenin eşdeğer direncinden çoğunlukla ayırt edemedikleri bulunmuştur. Bir çok öğrenci tek başına bir lambanın parlaklığını belirlemek için kullanılan akım, potansiyel fark ve direncin doğrudan o lambaya ait olması gerektiğinin farkında değildirler. Eşdeğer direnci bir koldaki, ağıdaki veya devredeki toplam akım veya potansiyel farkı bulmak için birinci derecede kullanışlı bir soyut kavram olarak görmedikleri anlaşılmaktadır. Öğrencilerin devredeki eşdeğer direnci sanki devredeki tek başına bir lambanın bir özelliği imiş gibi algıladıkları ortaya çıkmaktadır. Nitel olarak doğru bir çözüme ulaşamayan bir çok öğrencinin öncesinde Ohm kanunu ve Kirchhoff kurallarını kullanarak daha karmaşık devre problemlerini başarılı bir şekilde çözdüklerinin de belirtilmesi gerekir.

Eşdeğer direncin bulunması için, öğrencilerin elemanların seri ve paralel dizilimlerini ayırt etmeleri gerekir. Bir çok öğrenci, dört beş direnci olan devreleri, özellikle devreler Şekil 2.8 (a)'daki gibi alışılmadık bir tarzda çizilirse seri ve paralel bağlantıları ayırt edememektedirler. Şekil 2.8(b)'de gösterilen standart devre çizimlerinden hangisinin Şekil 2.8 (a)'daki devrelerden her birine karşılık geldiği sorusu sorulduğunda, öğrencilerin çizgilerle temsil edilen elektrik bağlantıları yerine, fiziksel çizgilere odaklanma eğiliminde oldukları bulunmuştur. Lambalar arasındaki bağlantı tiplerini belirlemek için yeterli bilgi eksikliğinden dolayı, Şekil 2.8(b) ii'deki devrenin Şekil 2.8 (a)'daki her iki devre için doğru çizim olduğu sonucuna varmaktadırlar. Bazı öğrenciler problemi her çözüme denemesinde farklı sonuca ulaşmaktadırlar.

Öğrenciler çoğunlukla karmaşık devrelerdeki bu tür bağlantıları belirlemelerini sağlayacak seri veya paralel bir bağlantının kritik özelliklerini çıkarma zorluğuna düşmektedirler.

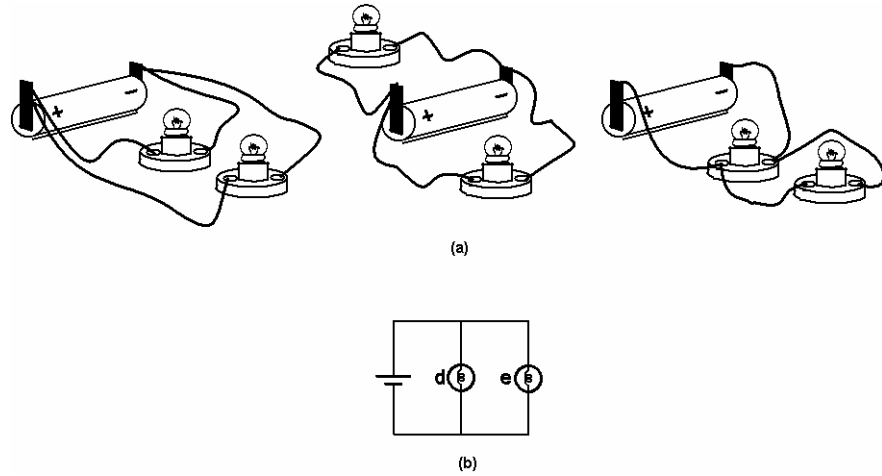


Şekil 2.8 Öğrencilerden (a)'da gösterilen her bir devrenin (b)'deki karşılığı olan devreyi belirlemeleri istenmiştir. Doğru cevap; her iki devrenin de karşılığı (ii)'dir (McDermott ve Shaffer, 1992).

2.6.2 Farklı gösterim ve ölçümleri devrelerle ilişkilendirme yetersizliği

Daha önce gösterildiği gibi, öğrenciler cebirsel sembolleri kavramlarla ilişkilendirmeksizin çoğunlukla formül manipulasyonları yapmaktadırlar. Ayrıca bir devrenin şematik gösterimlerini elektriksel niceliklerin sayısal ölçümleriyle ilişkilendirme güçlüğü çekmektedirler.

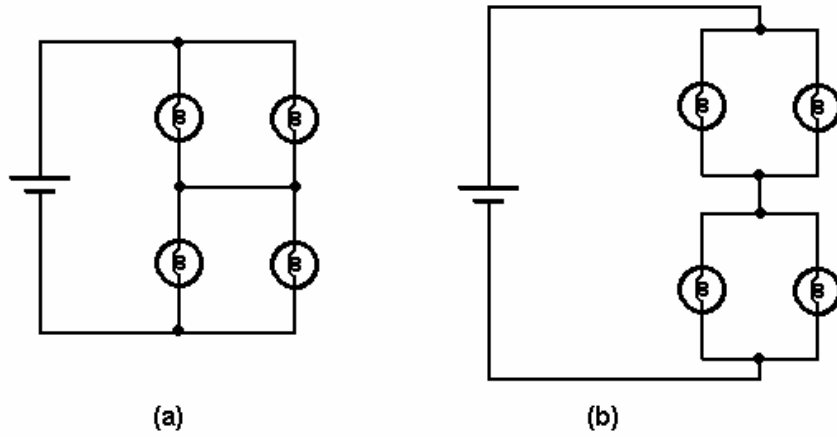
Gerçek bir devre, çoğunlukla devrenin kendisiyle az çok benzerlik taşıyan bir diyagramla gösterilmektedir. Öğrenciler bir diyagramın özellikleriyle fiziksel sistemi oluşturan elektrik elemanları ve kablolar arasındaki ilişkiyi tanımayabilmektedirler. Şekil üzerinde, elemanların yerleşimi gerçek fiziksel düzenlemesinden oldukça farklılık gösterebilir ve elektriksel bağlantılar fiziksel sistemdeki bağlantı kablolarından çok farklı görünebilir. Böyle durumlarda bir çok öğrenci devre diyagramı ve o diyagramın temsil ettiği gerçek bir devre arasında doğru bir ilişki kuramayabilmektedir. Bunun yanında verilen bir devre oldukça farklı görünen çeşitli diyagramlarla temsil edilebilir. Fakat, gerçekte hepsi birbirinin aynısıdır. Öğrenciler elektriksel bağlantıların aynı şekilde temsil edildiği, eşdeğer gerçek devrelerin elektriksel olarak birbirine benzer olduğunu anlamada çoğunlukla başarısız olmaktadır.



Şekil 2.9 Öğrencilerin tamamı (b)'deki devre çiziminin (a)'daki devrelerin her birini temsil edebileceğini çıkaramamaktadır (McDermott ve Shaffer, 1992).

Öğrencilerin elektriksel bağlantılardan çok fiziksel özelliklerine odaklanma eğilimi vardır. Örneğin, deneyimsiz öğrencilerin Şekil 2.9(a)'daki her üç devrenin Şekil 2.9(b)'deki devre diyagramına eşdeğer olduğundan çoğunlukla habersiz olduğu gözlenmektedir. Bunun yanında, temelde elektriksel hiç bir önemi olmayan ilave bağlantı noktalarına sahip ister şematik gösterim olsun ister gerçek devre olsun daha karmaşık devreleri içeren durumlarda deneyimli öğrenciler arasında da benzer zorlukların olduğu bulunmuştur. Bir devre diyagramı ve gerçek bir devre arasında doğru bir ilişki kuramamanın yanında, öğrenciler çoğunlukla görünüşleri oldukça farklı devre diyagramları arasında var olabilecek ilişkileri belirleyememektedirler. Örneğin Şekil 2.10'daki gibi birbirinin farklı görünen iki diyagramın aslında eşdeğer ve aynı devreyi temsil ettiklerinin farkında olmayabilirler (McDermott ve Shaffer, 1992).

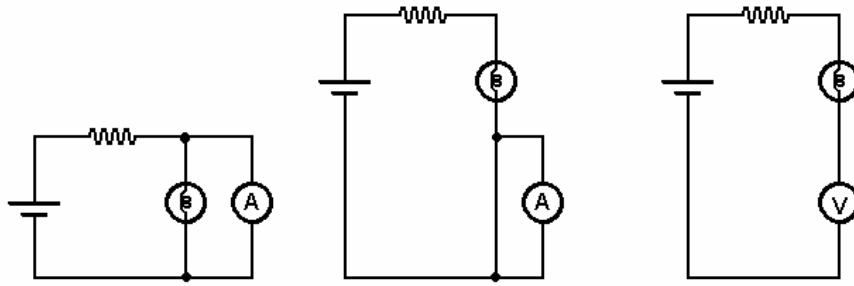
Johsua (1984) öğrencilerin devre çizimlerini ilişkilendirme zorlukları konusunda çalışmalar yapmıştır.



Şekil 2.10 Bir çok öğrenci (a) ve (b)'deki devre çizimlerinin elektriksel olarak eşdeğer olduğunu tanımda zorlanmaktadır (McDermott ve Shaffer, 1992).

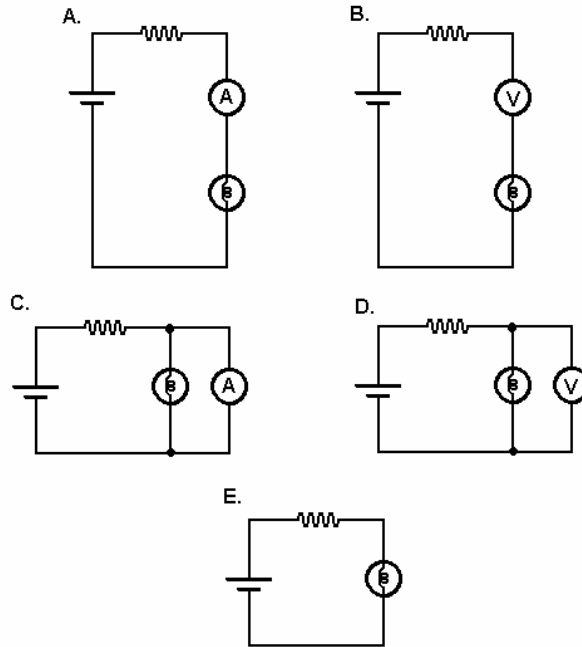
Matematik bazlı iki farklı sınıfın fizik dersindeki öğrencilere ampermetre ve voltmetre kullanımı üzerine iki sorudan oluşan bir ön test verilmiştir. Her sınıfın yaklaşık yarısı ilgili laboratuvar dersinde standart bir Ohm Kanunu deneyini tamamlamış durumdadır. Her iki sınıftaki öğrencilerin diğer yarısı laboratuvar dersine kayıt yaptırmış değildir. Ön test (yaklaşık 200 öğrencilik) büyük sınıfa laboratuvar deneyinden kısa süre sonra fakat dirençli devrelerin ders içinde işlenmesinden önce verilmiştir. Ön test (yaklaşık 40 öğrencilik) daha küçük sınıfa ilgili konular ders içinde işlenmesinden sonra verilmiştir. Aradaki boşlukta laboratuvar dersini alan öğrenciler ölçü aletlerinin kullanımını içeren deneyler gerçekleştirmişlerdir.

Birinci soruda öğrencilere bir üreteçle seri bağlı bir lambanın devre diyagramı gösterilmiştir. Lambadan geçen akımı ölçmek için bir ampermetreyi nasıl bağlayacakları ve ayrı bir diyagramda lambanın uçları arasındaki voltajı ölçmek için bir voltmetreyi nasıl bağlayacakları sorulmuştur. Büyük sınıftaki öğrencilerin yaklaşık %50'si doğru diyagramı çizebilmiştir. DA devreleri konusunun işlenmesinden sonra aynı sorunun yöneltildiği sınıfta ortaya çıkan sonuçlar da aynı olmuştur. Öğrencilerin çizdiği bazı yanlış diyagramlar Şekil 2.11'de gösterilmektedir. Bu sorunun aynısı diğer büyük sınıfa bir sonraki dönem sonundaki final sınavında da sorulmuştur. Yine öğrencilerin sadece %50 si doğru bir cevap vermiştir. Bu defa, öğrencilerin tamamı laboratuvar dersini alıyor durumdadır.



Şekil 2.11 Öğrenciler tarafından çizilen hatalı ampermetre ve voltmetre bağlantılarından bazıları (McDermott ve Shaffer, 1992).

Ön teste yer alan ikinci soru, bir devre elemanı ile ampermetrenin neden seri ve voltmetrenin neden paralel bağlandığını anlayıp anlamadıklarını belirlemek için yöneltilmiştir. Bu soru küçük sınıfa uygulanmadan önce biraz değiştirilmiştir. Sorunun ikinci tipi Şekil 2.12’de gösterilmektedir. Şekildeki diğer devreler bir ampermetre veya bir voltmetre de içerirken, E devresi bir üretece seri bağlı bir direnç ve bir lambadan oluşmaktadır. Öğrencilerden bu beş devredeki lambaların bağıl parlaklıklarını tahmin etmeleri ve sebebini açıklamaları istenmiştir.



Şekil 2.12 Öğrencilerden şekilde gösterilen lambaların göreceli parlaklıklarını sıralamaları ve nedenlerini açıklamaları istenmiştir (McDermott ve Shaffer, 1992).

Öğrencilerin ölçü aletlerinin doğru olarak bağlandığı A ve D devrelerindeki lamba parlaklıklarının E devresindekiyle hemen hemen aynı olduğunu ifade etmeleri beklenmiştir. Ölçü aletlerinin hatalı bağlandığı B ve C devresi için cevaplarda yapılan açıklamaya bağlı olarak bir değişkenliğin kabul edileceği bekleniyordu. Her iki sınıfa ikinci sorunun uygulanmasından elde edilen sonuçlar aynı olmuştur. Öğrencilerin sadece %15 i lambaları doğru olarak sıralamıştır.

Lambaların sıralanmasında her olasılık ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin bir çoğu ölçü aletleri olmayan devredeki lambanın ölçü aletlerinin doğru olarak bağlandığı devrelerdeki lambalardan daha parlak şeklinde sıralamıştır. Diğer öğrenciler beş devrenin hepsinde eşit parlaklı olacağını tahmin etmiştir. Bazıları da açık açık ölçü aletlerinin hiç etkisi olmayacağını söylemiştir (McDermott ve Shaffer, 1992).

2.7 Öğrencilerin elektrik devreleri ile ilgili kavramları algılayışları

Ortaöğretimin başlangıcından üniversitenin dördüncü yılına kadar olan bir aralıkta Dupin ve Samuel (1987) tarafından Fransız öğrencileri üzerinde yapılan geniş ölçekli bir araştırma, temel elektrik kavramlarının öğretilmesinde hesaba katılması gereken etkenlerin anlaşılmasını sağlamıştır. Bu kavramların basit olanları eğitim sırasında ortadan kalkarken daha güçlü olanlar (akımın kesilmesi, sabit akım üretici) öğretildikten çok yıllar sonra bile direnç göstermektedir.

2.7.1 Gerçekler

Dupin ve Samuel (1987)' e göre, araştırmacılar bir öğrencinin verilen dersleri öğrenmesinde kavramların rolünün belirlenmesi konusunda önemle durmaktadırlar. Ancak öğretim açısından bakıldığında, öğrenme üzerinde kavramların (pozitif veya negatif) etkileri, kavramların kendisi kadar analiz edilmemektedir. İşin başlangıcında olan öğrencilerin büyük bir çoğunluğunda var olduğu belirlenen belirli kavramların, öğretimin etkisiyle çabucak ortadan kalktığı görülmektedir. Örneğin bir üreteç ve kabloları kullanarak bir lambayı yakması istenen bir çok başlangıç öğrencisi tek bir kablonun bataryadan ampule akım taşımak için yeterli olduğunu düşünmekte, başka bir kablonun devreyi tamamlaması gerektiğini düşünmemektedirler (Tiberghien ve Delacotte, 1976).

Fakat bu anlayış sadece ilk dersten bir süre sonra kaybolmaktadır. Buna karşılık, diğer kavramlar çok daha dirençli görünmektedir ve sonuç olarak öğrenmede karşılaşılan zorluklar bunlar olmaktadır. Örneğin, öğrencilerin devreyi bir sistem gibi düşünemedikleri görülmektedir. Dolayısıyla bir yukarı akış ve yukarı akışı etkilemeyen bir aşağı akış meydana gelir. Akım ileriki aşamada akla gelmektedir. Bu zincirleme mantık öğrenciler arasında oldukça yaygındır (Closset, 1983). Bunun bir öncesinde, farklı öğretim tarzı her bir kavram için farklı bir gelecek hazırlayabilir. Avrupa ülkelerinde yapılan bir çalışma, ülkeden ülkeye değişen öğretim metotları arasında, farklılıkların ortaya çıkabildiğini göstermektedir. Fakat engellerin en dirençli olanları her yerde aynıdır. Farklı kavramlar arasındaki nitel farklılıklar Piaget gelişim teorisine uygun düşmektedir. Piaget'e göre konuların kavramla ilişkili aşamaları, yaşa göre her bir kavramın farklı geliştiğini açıklamaktadır. Fakat en azından elektrik devreleri alanında, yetişkinler de sebebi kısmen öğretime bağlanması gereken okul çağı çocuklarındaki gelişimi göstermektedir. Bu nedenle, öğretimle ilgili olan (burada, elektrik devreleri ile ilgili) kavramsal gelişimin tarifine yardımcı bulunur ve kolaylıkla aşılabilen zorlukları, kuvvetli ve dikkat gerektiren daha belirgin zorluklardan ayırt etmede önemli olur.

2.7.2 Bazı varsayımlar

Dupin ve Samuel (1987)'e göre, önemli bir diğer sorun da bu direncin kaynağının ne olduğunun bilinmemesidir. Bu aşamada elektrik devreleriyle sınırlı bir alanda açıklık getirilmeye çalışılacaktır. Bu noktada, Dupin ve Samuel (1987) kavramların veya engellerin, en azından belirlenmiş olanlarının, fizik içeriği açısından oldukça karmaşık görünen durumlarıyla karşılaşan öğrencilerin gerçek kavramsal yorumları olduğu varsayımını yapmışlardır.

Dupin ve Samuel (1987)'e göre, öğrenciler temel elektrik ile ilk karşılaştıklarında, “hareket eden akışkan metaforu” adı verilen temel bir algılayışı akla getirmektedirler. Elektrik akımı borular içinde akan bir tür akışkan olarak düşünülür. Fakat bu akışkanın özelliği belirsizdir, “karışım” denilebilir. Bir fizikçinin bakış açısıyla bakıldığında, bu akışkanın “maddesel” özelliği ve “enerji” özelliği vardır. Maddesel akışkan sabit bir hızla akar (dolayısıyla seri bir devrede her noktada akım vardır). Fakat ilk bakışta enerji akışkanı kullanılıp tüketilmektedir. Bunun sonucunda

kimyasal bir üreticin bitmesi gerçekleşir. Kabaca bir benzerlik merkezi ısıtma devresinde ki gibidir; su akışı her yerde aynıdır ve ısı çevreleyen atmosfere yayılır.

Bu iki kavramı birbirinden ayırt etmeksizin, aynı akışkanın nasıl olup da (enerji özelliği altında) “tüketildiğini” ve (maddesel özelliği altında) “korunduğunu” anlamak zor olacaktır. Fakat öğrencilerin zihninde bu iki özellik birbirine karıştırılır. Bu çelişkiyi çözenin bir yolu akımın lamba içinden geçerken “kısmen” tüketildiğini düşünmektir. Bu yolla, bir “akışkan deposu” olarak düşünülebilecek üreticin tüketilmesi de hesaba katılmaktadır (McDermott ve van Zee, 1984; Rhöneck, 1983). “Akımın tüketilmesi” olarak adlandırılan bu benzetme daha sonra görüleceği gibi öğretimde de zorluk çıkarmaktadır.

Dupin ve Samuel (1987)’in ikinci varsayımı, öğretimden birkaç yıl sonra yer edinen daha ayrıntılı kavramlarla ilgilidir. En azından belirli durumlarda bu algılayışlar kendisinden daha önce gelen engellerin giderilmesiyle kendi kendilerini işaret edebilirler.

2.7.3 Kavramların değerlendirilmesi

Dupin ve Samuel (1987)’e göre, akımın seri bir devre boyunca aynı olması bilincine öğretim sayesinde çoğunluk tarafından ulaşılmaktadır. Çoğunluk tarafından 8. sınıfa kadar akımın tüketilmesi modeli düşünülmektedir. Fakat, üniversitede bile bu düşünceye sahip az sayıda öğrenci olsa da, bu 10. sınıftan itibaren azalmaya başlar. Akan sıvı benzetimine öğretimin etkisiyle yavaş yavaş ulaşılmaktadır. Akım özelliği, enerji özelliğine kıyasla daha baskın hale gelmektedir. Fakat, akımın korunumu bilincine zorlukla ulaşılır. Bu bilinç, daha sonra yanlış olarak genelleştirilir ve üreticin, bağlı olduğu devre ne olursa olsun, sabit bir akım ürettiği öngörüsü oluşur.

Potansiyel fark gizemli bir kavram olarak kalmaktadır. Yalnızca potansiyel farkla ilgili cevaplar için göreceli olarak açıklayıcı bir seviye tutturmak mümkündür. Fakat bu bilincin diğerleriyle (akım, direnç) bağlantısı kurulmak zorunda kalınca, hem açıklama hem de işlem yapma performansları zayıflamaktadır. Potansiyel fark, temelde konular içinde yanlış anlaşılır; bir kenarda ayrı tutulur ve işlevsel değildir.

Bunun bir sonucu olarak bütün seviyelerde akım cinsinden muhakeme mutlak baskınlık göstermiştir.

Üretecin sabit bir akım üretici olarak temsili akım cinsinden bu mantığa “teorik” gücünü veren şeydir. Bu mantık bütün seviyelerde çoğunluk tarafından kullanılmaktadır. Belirtilere dayalı analizler bunun, fizikçilerin kullandığı modele ulaşmadan önce, silinmesine önemli bir engel olduğunu göstermektedir. Fakat bunun yanında, uzman olmayanlar için aşılması zor bir basamak olduğunu göstermektedir.

Kavramsal gelişimin bu şekildeki tarifi ve yapısı, konuya girişte ertelenen varsayımı test etmek için güzel bir örnektir. En azından elektrik devreleri söz konusu olduğunda, (akımın tüketilmesi gibi) kavram yanılgıları, diğerlerinden çok daha direnişli olmaktadır. Çünkü bunlar, kuşkusuz fizikte karşılaşılan problemleri belirlemeye kısmen bir cevap oluşturmaktadır.

Bunun yanında bu engeli aşmak üzere harcanan öğretim çabaları yeni hatalı kavramlara (üreteç tarafından dağıtılan akımın sabitliği) temel oluşturur. Bu da daha yüksek seviyede başka hatalar serisine zemin hazırlar.

Bir takım kavramların böylesi dirence sahip olduğunu söylerken, aslında öğrencilerin genelde kendilerini içinde buldukları şartların da etkisi olduğunu belirtmek gerekir. Dolayısıyla, böylesi çeşitli kavramların birçok problemle başa çıkmak için ihmal edilmemesi gerektiğine dikkat çekilebilir. Örneğin, sadece akım cinsinden mantık yürütmek, akım akışlarının bilinip bilinmemesinin önemi olmadan incelenmesini sağlar.

Sabit akış gösterimi, ele alınan devrenin analizinde oldukça yeterlidir. Çünkü, üreteç tarafından sağlanan akım dahil olmak üzere, hiçbir büyüklük değişmemektedir. Bu, bir çok elektrik dersinde olduğu gibi, ele alınan sınıfta öğrencilere verilen bir çok problemi temsil etmektedir. Bu şartlarda, tarif edilen engelleri aşmak ancak uzun zamanda olabilir (Dupin ve Samuel, 1987).

2.7.4 Sistematik mantık geliştirme

Psillos (1997), doğrusal nedenci mantığın öğrenciler tarafından elektrik devrelerinin çalışmasını açıklamak için kullanıldığını ortaya koymuştur. Basit devrelerde, nedenci modeller, bilimsel perspektiften bakıldığında basit devrenin çalışmasına enerji bakışı açısıyla bakan kaynak-tüketici tipi modellerdir. Çoğunlukla, direncin öğretilmesinden sonra, zincirleme model, bir yönde ilerleyen herhangi bir etkinin, birbiri ardınca devre bileşenlerini etkilemesine göre gelişmektedir. Doğrusal nedenci mantık, elektrik devresini her bir bileşenin birbiriyle etkileşim içinde oldukları ve herhangi bir etkinin bütün yönlere yayıldığı kapalı bir sistem olarak anlamak gereken sistematik mantıktan temelde farklıdır.

2.7.5 Kavramsal farklılaşma

Psillos (1997)'a göre, öğrenciler akım ve enerjinin özelliklerini birbirine karıştırmaktadır; voltaj, “akımın”ın “şiddeti” ni gösteren bir özelliği olarak düşünülmektedir. Global ve farklılıkları ayırt edilmemiş “akım/enerji” bilinci altında bütün bilimsel kavramlar çökmektedir.

2.7.6 Fenomen ilişkilerin yerleştirilmesi

Öğrenciler, fenomen olarak farklı elektrokinetik ve elektrostatik alanları ilişkilendirmemektedir (Frederiksen ve White, 1992). Öğrenciler açısından, elektriklenmiş cisimlerin birbirlerini itme/çekme davranışları ile bir lambanın yanması arasında açık açık hiç ortak özellik yoktur.

2.7.7 Değişik modellerin bağlantısının kurulması

Eylon ve Ganiel (1990)'e göre, çeşitli modellerin (nitel olanlarla nicel olanlar veya makroskopik olanlarla mikroskopik mekanizmalara önem verenlerin) birbiriyle olan ilişkilerini kabul etmek, öğrenci açısından bir başka zorluk kaynağıdır. Yukarıda ifade edilenler gibi, öğrenci zorluklarını dikkate almanın önemi özellikle elektrikle sınırlı değil, fiziksel işlemlerin yer aldığı değişik konular arasında da ortaya çıkmaktadır (Driver vd., 1994; Viennot, 1993).

2.8 Elektriğin Öğretilmesinde Takip Edilecek Yol

Araştırmacılar öğrencilerin öğrenme zorluklarıyla ilgilenme konusunda uzlaşmaya vardıkları halde, uygun pedagojinin ne olacağı konusunda bir uzlaşma varmış durumda değildir. Dolayısıyla, zorlukları giderme konusunda, öğretme ve öğrenmede yapıcı bir perspektifi takip eden, araştırmaya dayalı çeşitli yol haritaları ortaya çıkmıştır. Bu yollar öğrenenin, kendi bilgi yapılanmasında aktif bir etken oluşu ve öğrenenlerin, alana özel öncelikli bilgilerinin, yeni bilgi ediniminde hayati bir etken oluşuna dayanmaktadır.

Bir yol haritasında, önermeler, öğrencilerce elektrik devresinin mekanizmasını anlamayı takip etmenin olabirliğini ve eğitimsel değerini sorgulamaktadır. Elektrik devrelerinin yeterli derecede anlaşılması zor olduğu için, bu iddia, elektriğin öğretilmesinin, örneğin evlerde elektrik kullanımı ve/veya elektrik enerjisi tasarrufu gibi, önemli uygulamalara odaklanması gerektiğine yönelmiş olmaktadır (van de Berg ve Grosheid, 1993). Bir başka yol haritasında, buna karşılık çeşitli önermeler, elektrik devrelerinin işlevlerinin anlaşılması gibi daha geleneksel ders konularının temel özelliklerini öğrenilebilir hale getirmek amacıyla etkin stratejilere odaklanmaktadır.

İkinci yol haritasında, bazı önermeler benzetimlere ve öğrencilerde kavramsal değişimi sağlamak için bir araç olarak benzetimci mantığa dayanmaktadır. Örneğin, elektrik devrelerini kapalı bir sistem olarak anlamayı sağlamak için Schwedes (1995) tarafından su sistemlerine benzetim önerilmektedir. Buna karşılık, diğer yaklaşımlar, Scott vd. (1993) öğrencilerde kavramsal değişimi sağlama aracı olarak karşı karşıya gelme stratejilerini kullanmaktadır (Shipstone, 1988; Licht, 1991). Yukarıdaki sınıflandırma, çeşitli takip yollarında kullanılan strateji ve araçlara mutlak olarak bir özgünlük zorunluluğu getirmemektedir. Örneğin, akımın korunmasını anlaşılabilir hale getirmek için bazı türlerdeki benzetimlerin kullanımı kaçınılmaz görünmektedir. Farklılıklar, bu stratejilere yapılan göreceli vurguların yanında sağladıkları amaçlarda yatmaktadır.

2.9 Bilimsel Bilgi

Bilimi öğretme ve öğrenme adına herhangi bir yaklaşımı, öğretilecek bilimsel bilginin yapısı ve nesnesiyle ilgili epistemolojik özellikler etkilemektedir. Burada, gerçek dünyanın modellenmesi bilimsel bilginin ana amacı olduğu kabul edilmektedir (Hestenes, 1992). Bilimsel bilginin çekirdeği, tabiatı yorumlamak amacıyla bilim dünyasının ayrıntısına indiği ve paylaştığı gerçek varlıklar ve olaylara ait modellerden oluşmaktadır. Modeller, teorilerde yatmakta ve bir deney ortamında test edilebilmektedir (Bunge, 1973). Teori ve model oluşturma işlemi, deneycilerin iddia ettiği (ve bir çok fizik müfredatına ve öğretim pratiğine uyarlandığı) gibi, bilinen etkenleri bir dizi gözlemden çıkarmayı içermez. Yapıcı epistemolojiye göre, tabiat, gözlemler ve teorik çerçevelerle ilgili sorular arasında güçlü bağlantılar vardır.

Bir teorik çerçevede anlamı olan sorular, bir başkasında anlamsız olmaktadır. Elektrikte, elektrik akışkanının Stocklmayer ve Treagust (1994) doğasına yönelik sorular, Drude modeli kapsamında konu dışı hale gelmektedir. Herhangi bir teorik yaklaşım, bir deney ortamını ve yapılandırma enstrümanını ilgilendirmektedir. Örneğin, elektrostatik ve elektrokinetik fenomenlerin birleştirilmesi, Ohm ve Kirchhoff'un çalışmalarından ve elektrik devrelerinde yüzeydeki yüklerin yerleşiminden sonra mümkün olmuştur. Açıklamalar, teorik çerçevede yatmakta ve neden sonuç ilişkisi bilim dünyasınca kabul edilmektedir. Faraday ve Maxwell'den sonra elektromanyetik alan, klasik elektrodinamik olayları açıklamada temel olmuştur.

2.10 Fen Biliminin Öğretilmesi ve Öğrenilmesiyle İlgili Varsayımlar

Elektrikte öğretim basamaklarının geliştirilmesini anlatan varsayımlar aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

Birincisi, fen bilgisinin öğretilmesi her seviyede bilimsel bilgiyi, yani, teoriyi modelleri, deney ortamını içermelidir (Tiberghien vd., 1995). Ancak, bilimsel modeller öğrencilerin dünyaya bakış açılarına göre değişmektedir. Bir taraftan, bilimsel modellerin anlaşılması ve modelleme etkinliklerine katılım, öğrenciler için kavramsal bir değişimin göstergesidir. Diğer taraftan, bilimsel modeller anlaşılabilir

olması açısından öğrencilerin mantığından çok uzak olmamalıdır. Bu ise, öğrencilerin nedenselliğine uygun olması açısından, bilimsel bilgide bir dönüşümün bir çok durumda gerekli olduğunu gösterir.

İkincisi, fen bilgisi öğretiminde, öğretilecek model ile ilgili anlam oluşumuna deneysel dayanak sağlayan deney ortamı arasında bir uyumluluk olması gerekir.

Üçüncüsü, fen bilgisi öğretiminde, modeller varsayıma dayalı oluşumlar olarak ele alınmalıdır. Bu ise, bilimsel bilginin gelişimi için gerekli bir bileşen olarak bir onaylama işlemi gerektirir.

2.11 Modellerin Gelişimi

Bu zincirin kavramsal amacı, devre davranışının tarifi ve yorumu, ve fiziksel voltaj, akım, direnç, elektrik alan, yük ve zaman nicelikleri cinsinden elektrostatik fenomenleridir. Kavramaya ilişkin hedefler V, I ve E kavramlarının ayırt edilmesi, elektrik fenomenleri açıklayan uygun modellerin geliştirilip kullanılması, elektrostatik ve elektrokinetik fenomenlerin bağlantısı ve elektrik devresi için sistematik bir görüşün geliştirilmesidir.

Bu zincirin dört parçalı yapısı bulunmaktadır. Bu parçalar, karşılaşılan sorular, öğretilen modeller ve ilgili deney ortamı cinsinden bir gelişim hiyerarşisi oluşturmaktadır. Alt modeller kendi içinde tutarlıdır, elektriğin daha derin düzeyde anlaşılmasını sağlamak için birbirleriyle bağlantılıdır. Örneğin, direnç kavramı birinci fenomen kısmında işlenmemektedir. Kavramsal makroskobik kısımda nitel olarak işlenmekte ve daha sonra üçüncü sıradaki mikroskobik kısımda mikroskobik mekanizmayla ilişkilendirilmektedir. Son olarak dördüncü sıradaki nicel kısımda nicel olarak çalışılmaktadır.

2.11.1 Fenomen kısım

Fenomen kısım, elektrik ve diğer konularda oluşumcu yaklaşımın karakteristiği olan uzun bir tanışma dönemi olarak tasarlanmıştır. Fenomen kısım öğrenciler için anlamlı sorularla ilgilidir. Bunlar tanınan cisimler ve olaylarla ilgili fenomen düzeyinde formüle edilmiştir. Öğrencilerin kaynak-tüketici modeliyle aynı

çizgidedir. Yani, bir lambanın parlaklığının nasıl olacağı veya ne kadar elektrik faturası ödeyeceğimiz gibi.

2.11.2 Kavramsal kısım

Psillos (1997), öğrencilerden bir fenomen düzeyinde elektrik devrelerine ilişkin bir anlayış kazandıklarında, kendi kendilerine “iki lambanın bağlantı şekli değişince ne (hangi nicelik) değişir?” şeklinde kavramsal soruları sormalarının bekleneceğini önermiştir.

Kavramsal kısım, voltaj (V), akım (I), enerji (E), direnç (R), zaman (t) kavramlarını içeren makroskobik bir düzeyde elektriksel fenomenleri modellemeye dayamaktadır. Mikroskobik varlıkların (yükü parçacıklar, elektronlar) basitçe kullanımı, “akan şey nedir” bakış açısıyla öğrencilerin sorularına cevap oluşturmaktadır. Kavramsal yapılara bakarak, bu düzeyde, alan bilgisinin anlaşılabilir olması bakımından öğrencilerin mantığına uygun olması gerekeceğine dikkat edilmelidir. Öğrencilerin ettirgenliğini hesaba katarak, alan bilgisi parlaklık ve yanma süresini açıklayan iki kısmi nedenci modele ayrılmaktadır. Birincisi, V, I ve R fiziksel niceliklerini ve birbirleriyle olan ilişkilerini kullanan akış modelidir. İkincisi, E ve t fiziksel niceliklerini kullanan enerji modelidir.

2.11.3 Mikroskobik kısım

Öğrencilerin akımın korunması, özellikle dirençlerin hem enerjiyi kullanma hem de akımı düzenlemedeki ikili işlevi kavramlarını geliştirmeye başlarken, mikroskobik varlıklar ve mekanizmalar sorusu ortaya çıkmaktadır.

Deney ortamı elektrik yüklü cisimlerin etkileşimi, elektrostatik makineler ve sıvılardaki iletkenliği içerecek şekilde genişletilebilir. Yüklü cisimlerin yüklenmesi, birbirlerini çekmesi, itmesi ve elektrostatik makinelerin yanında pil örneklerinin işlevi ile ilgili öğretmen liderliğindeki deneysel gösterimler ve tartışmalar yapılmaktadır.

2.11.4 Nicel kısım

Nicel bölüm, “seri bağlı bir ampermetre, bir direnç ve 4,5 V’luk bir üretcin bağlı olduğu bir devrede, eğer direnç değerini iki katına çıkarırsak akım ne kadar düşer?” gibi soruları cevaplamak için V, I ve R arasındaki nicel ilişkiler öğretilmektedir.

Nicel kısımda deney ortamı, dirençlerin seri ve paralel bağlanması, ohmmetrenin okunması ve öz direnç kavramlarını içerecek şekilde genişletilmektedir. Ohm kanununun ve $R = \rho l/S$ bağıntısının yer aldığı nicel bir makroskobik model kullanılmaktadır. Direncin sıcaklıkla değişimi de burada verilmektedir. Ayrıca, $I=V/R$ bağıntısının grafiksel gösterimini oluşturmak için ölçümler de alınmaktadır.

2.12 Öğretim Stratejileri

Önceki bölümlerde sözü edilen modelleri anlamayı amaçlayan öğrencilerin yapıcı etkinliklerini geliştirmek için çeşitli öğretim stratejileri ve teknikleri uygulanmaktadır. Normal olarak, öğrenciler görüşlerini ortaya çıkartmak, fenomenleri tahmin edip yorumlamak amacıyla grup deneyleri ve tartışmalarına katılmaktadır. Uygulanmakta olan iki karşı strateji aşağıda anlatılmaktadır.

2.12.1 Kavramsal değişimi kolaylaştırma

Elektriğe girişte bilimsel kavramların gelişimi, öğrencilerin akım, voltaj ve enerjiyi bütünleşik “akım/enerji” notasyonundan ayırt etmelerini gerektirir. Kavramsal değişimdeki esas basamaklar, öğrencilerin başlangıç bilgilerindeki yetersiz kavramsal özelliklerin artırılması, farklı kavramların özellikleri arasındaki farkın ayırt edilmesi, kavramlar arasında yeni ilişkilerin kurulmasıdır. Bu strateji, akımdan sonra gelen ve zayıf bir kavram olan voltaj konusunda uygulanmaktadır.

2.12.2 Anlamli kavram çatışmasına neden olmak

Burada, öğrencilerin direnç elemanları ve direnç için bir model oluşturmalarına yardım etmeyi amaçlayan kavramsal çatışma stratejisinin özellikleri anlatılmaktadır. Bu strateji, öğrencilerin ön bilgileri kazanmasına, tanınabilir tersinir-olay çatışması, daha iyi bir açıklamanın eş zamanlı sunumu ve yeni bilginin uygulanmasına

dayanmaktadır. Böyle bir stratejinin etkin olabilmesi açısından önemli bir özelliği öğrenciler için tersinir-olay olarak sayılabilecek şeylerin neler olduğudur.

Bu stratejinin esas kısmı, direnç açısından başlangıç bilgisini kademeli olarak kazanmadan oluşmaktadır. Öğrenciler, örneğin, direncin uzunluğu ile ampermetre göstergesindeki değişimi ve bir üretece seri olarak bağlı bir lambanın parlaklığının değişimini aynı anda gözlemledikleri deneylere katılmaktadır. Ayrıca, içinden akım geçtiğinde nikel krom benzeri bir telin sıcaklığının artıp, bakır benzeri kablonun ise sıcaklığının artmamasında olduğu gibi bir dirence dokunup sıcaklığını hissetmektedir. Bu yaklaşım, çoğunlukla akımın ısı etkilerini direnç elemanlarından farklı zamanda işleyen geleneksel ders anlatımına terstir.

2.13 Öğrencilerin Akım Voltaj ve Direnç Kavramları

2.13.1 Akımın gündelik anlamı

Elektrik ve elektrikli aletlerle ilgili gündelik konuşmalar fizik elektriğinden gözle görülür derece farklıdır. Örneğin, akım, voltaj, direnç gibi temel elektriğin fiziksel terimleri gündelik konuşmalarda da kullanılmaktadır, fakat fiziktekinden belirgin ölçüde farklıdır. Diller arasında, temel elektrik terimlerine verilen anlamlarda belirli farklılıklar olduğu için sabit bir yorum sağlamak mümkün değildir. Ancak, akım için kullanılan sözcüklerin anlam bakımından Avrupa dillerinde fizikte kullanılan enerjiye akımdan daha yakın olduğunu ifade etmek mümkündür. Bir başka deyişle günlük konuşma dilindeki akım terimi, enerji düşünceleri yönünden çeşitli baskınlıklar içeren geniş bir anlam yelpazesine sahiptir. Dolayısıyla, eğer öğretmenler kendi kullanımları ile öğrencilerin elektrik fenomenleri hakkındaki konuşma biçimi arasındaki farktan habersizler, fizik derslerindeki yanlış anlamalar kaçınılmazdır (Duit ve Rhöneck, 1997).

2.13.2 Üreteç ve lambalar arasındaki doğrusal neden etkisi

Herhangi bir formal eğitim almamış ilköğretim seviyesindeki çocuklar için, elektriksel işlemlere ait kavram durumu ile ilgili bir sorgulamanın yapılması önerilir. Ancak çocukların üreteç ve lambaları ellerine aldıklarında nasıl kullandıkları ve birbirleri ile olan ilişkilerini nasıl açıkladıklarını analiz etmek mümkündür

(Tiberghien ve Delacôte, 1976). Çocukların basit bir elektrik devresinin işlevi için oldukça genel açıklamaları kullandıkları ortaya çıkmıştır. Genelde üreteç ve lamba arasında bir neden sonuç ilişkisi kurmakta olup, üreteç ve lamba arasında hareket eden bir aracının olduğunu anlatmaktadırlar. Bu aracı elektrik veya elektrik akımı olarak adlandırılabilir. Elektrik veya akım üreteçlerde depolanır ve kablolarda “dinlenmede” olabilir. Bu aracı lamba içinde harcanır. Yani, bu çocuklar arasında elektriğin korunumu ile ilgili hiçbir fikir yoktur. Üreteç ve lamba arasındaki doğrusal neden etkisi kapalı bir devreyi gerektirmemektedir. Çocukların büyük bir kısmı, üreteç ve lamba arasında bir kablonun yeterli olduğunu ve günlük hayatta karşılaşılan devrelerdeki ikinci kablonun lambaya daha fazla akım getirme işlevi gördüğünü düşünmektedir. Üreteçten lambaya iki tür akımın geldiğine dair bulgular da vardır. Bazen bunlara “artı” ve “eksi” akım adı verilmektedir. Lambada “çarpışan akım” olarak adlandırılan iki akımın çarpışması bilinci vardır (Osborne, 1983) veya lambanın sağladığı ışığa neden olan bir çeşit (kimyasal) reaksiyon vardır.

Araştırmalar, akımın harcanması fikrinin formal eğitim yoluyla kaybolmadığını göstermektedir. Bu fikir ve diğer öğrencilerin kavramları beş Avrupa ülkesinde orta öğretimde 10. sınıfı tamamlamış 1200 öğrenciye uygulanan bir test aracılığıyla tartışılmıştır (Shipstone, 1988). Bu testin genel sonucunda, farklı okul ve dil sistemlerine rağmen, bu ülkelerde yaklaşık olarak aynı öğrenme zorlukları yapısı bulunmaktadır.

2.13.3 Akımın tüketilmesi

Akımın tüketilmesi kavramı eğitimden sonra bile öğrencilerin ilgisini çekmektedir. Tüketilme, akımın değerinde azalma ve küçülme gibi iki özellikten oluşmaktadır. Tüketim fikirlerine karşılık gelen bir çalışmada, öğrencilere (bir üretece bağlanan bir lamba ve lambanın yandığı durumla bağlantılı) üç ifade sunulmaktadır. Sonuçlar bütün örnekleme sadece küçük bir azınlığın akımın korunması fikrine katıldıklarını göstermektedir (3. ifade).

1. “Lamba elektrik akımının tamamını kullanır”
2. “Lamba elektrik akımının az bir kısmını kullanır”

3. “Üreteçten lambaya gelen elektrik akımının tamamı üretece geri dönmektedir”

Buna göre, akımın korunumu halinde üreticin “boş” hale gelmesi mümkün olmayacağından, bir çok öğrenciye akımın tüketilmesi hala cazip gelmektedir.

2.13.4 Kapalı devrelerdeki voltaj

Temel elektrikte en zor kavramlardan birisi de voltaj veya potansiyel fark kavramıdır. Eğitimden önce voltaj “üreticin güçlülüğü” veya “akımın yoğunluğu veya akım kuvveti” ile ilişkilendirilmektedir. Eğitim sonrasında bile, öğrenciler voltaj kavramını akım kavramı gibi yaklaşık aynı özelliklere sahip olarak kullanmaktadır.

2.13.5 Öğrenme zorluklarını hesaba katarak elektriğin öğretilmesi

Elektriğin öğrenilmesi alanında yapılan araştırmalar elbette öğrenme zorluklarını gidermekle sınırlı değil, bunun yanında öğretme ve öğrenmeyi geliştirmek için bu zorlukları belirlemek üzerinedir. Yeni öğretme ve öğrenme yaklaşımlarının değerlendirildiği önemli sayıda çalışmalar yapılmaktadır (Pfundt ve Duit, 1994).

2.13.6 Kavramsal değişim

Öğrenme, genelde öğrenen tarafında önceden mevcut olan bilgilere dayalı aktif bir inşa işlemi olarak görülmektedir. Öğrenenin daha önceden ne bildiğinin, hangi alanda olursa olsun öğrenmede anahtar etken olduğu kanıtlanmıştır. Bu öğrenme görüşü, genelde “oluşumcu” olarak adlandırılmaktadır (Tobin, 1993). Bilgi kazanımının, belirli bir sosyal düzende, bireyin bir inşa işlemi olduğunu göstermektedir. “Kavramsal değişim” terimi geniş alanda kullanılmakta ve çoğunlukla inşacı öğrenme fikirlerini göstermekte ve bilim öğreniminin zaten mevcut olan eğitim öncesinde edinilen bilgilerin köklü biçimde yeniden inşasını içermektedir (Vosniadou, 1994). Bir başka deyişle, bu terim genelde öğrencilerin eğitim öncesi günlük hayatta bilimsel fenomenlerle ilgili edindikleri bilgilerin, öğrenilecek bilim kavramları ve prensiplerine karşın yalın olduklarını göstermektedir.

Kavramsal değişim terimi yanlış anlamalara yol açabileceği için iyi bir seçim değildir (Duit ve Rhöneck, 1997). Değişim, eğitim öncesi fizik kavramları ile ilgili

kavrayışların başkalaşması (veya atılması) anlamına gelmemektedir. Araştırmalar bunun mümkün olamayacağını göstermekte ve arzu edilen şey de olmadığını kanıtlamaktadır. Öğrenciler çoğunlukla eğitim öncesi kavramlar ve fizik bilincinin birleşiminden oluşan bir tür melez fikirleri çok daha iyi öğrenmektedir. Bunun yanında, bir çok öğrencinin eğitim öncesi kavramlarının günlük hayattaki olaylarda güçlü çatılara sahip olduğu kanıtlanmıştır. Örneğin, elektrik kavramları için bu doğrudur. Günlük hayatı ilgilendiren bir çok konuda öğrenciler elektrikli aletlerin kullanımını yeterli derecede bilmektedirler.

Elektrik konusu, öğrencilerin öğrenme zorlukları üzerine yapılan ve bir çok bulgunun elde edilebileceği bir araştırma alanıdır. Basit oldukları için bir çok öğrenci kavramının, fizik kavramlarına karşın kontrolsüz biçimde öğrenildiği belirlenmiştir.

Her türlü öğrenme sürecinde öğrencilerin eğitim öncesi bilgilerinin bir çıkış noktası olması gerektiğinden, engellerin bir takım akılcı yollarla aşılması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar elektrik konuları ve devamındaki konularda, öğretmenler ve öğrenciler açısından daha etkin ve daha zevkli fizik öğretimi ve öğrenimi için değerli yaklaşımlar sağlamaktadır. Şu ana kadar bir çok araştırma yapılmıştır. Bunlardan bir çok değerli fikre ulaşmak mümkündür. Fakat, çok daha fazlasının yapılması da gereklidir (Duit ve Rhöneck, 1997).

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu çalışmanın amacı; potansiyel fark ve akımın göreceli rollerini öğrencilerin nasıl kavramsallaştırdıklarını tarif etmek ve bu kavramların basit devreleri analiz etme yöntemlerini nasıl etkilediğini göstermektir. Bu amaçla Isparta’ da bulunan Isparta Fen Lisesi, Isparta Anadolu Lisesi ve Milli Piyango Anadolu Lisesi’nin yanısıra Burdur ili Bucak ilçesinde bulunan Bucak Hikmet Tolunay Fen Lisesi’nde öğrenim gören 10. sınıf öğrencilerine Kavram Yanılgıları Belirleme Testi (KYBT) uygulanmıştır. Testin uygulandığı okullar arasında ve bir okulun sınıfları arasındaki öğrenci başarılarının karşılaştırılması amaçlanmamıştır. Dolayısıyla, hangi sınıfın hangi sınıftan daha başarılı olduğu, niçin olduğu, şeklinde bir yorumlamadan da kaçınılmıştır.

3.1 Örneklem

Araştırmanın örneklem grubu Isparta’ da bulunan Isparta Fen Lisesi’nden (IFL) 69, Isparta Anadolu Lisesi’nden (IAL) 84 ve Milli Piyango Anadolu Lisesi’nden (MPAL) 75 öğrencinin yanısıra, Burdur ili Bucak ilçesinde bulunan Bucak Hikmet Tolunay Fen Lisesi (BFL)’nden de 46 öğrenci olmak üzere, toplam 274 öğrenciyi kapsamaktadır. Bu okullarda test uygulayabilmek için İl Milli Eğitim Müdürlüğü’nden izin alınmıştır. Öğrenci grupları lise 2. sınıfa devam etmektedirler. Bu öğrenciler üniversiteye de hazırlanmakta olup, tamamı elektrik konularını işlemiş durumdadırlar. Ayrıca Fen Lisesi gruplarında manyetizma konuları da işlemiş durumdadır. Bütün sınıflar başarılı okullara ait olup, deneyimli öğretmenler eğitim vermektedir. Dolayısıyla, örneklem popülasyonun yüksek seviyeli 274 kişilik bir parçasını temsil etmektedir. Yazılı test yaklaşık 90 dakikada okulların genelde iki ders saati sırasında öğrencilere uygulanmıştır.

3.2 Ölçme Aracı

Bu çalışma için hazırlanan anketin çoktan seçmeli soruları yukarıda belirtilen okullara elektrik konuları işlendikten sonra ders öğretmenleri tarafından uygulanmıştır. Test çoktan seçmeli 50 sorudan oluşmaktadır. Soru seçimi için geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Testin 50 sorusundan 8 tanesi Cohen vd. (1983)

tarafından yapılan çalışmanın testinde yer alan sorulardır. Bazı soruların asıl hali değiştirilmeden kullanılmış, bazılarında ise bir takım düzenlemeler yapılmıştır. Soruların çoğunluğu niteldir ve “dinamik” bir içeriğe sahiptir: özel bir devre verilip, daha sonra bir değişiklik ortaya konulmaktadır. örneğin, ilave bir direncin bağlanması. Öğrencilerin, akım, voltaj vb.’nin yeni değerini karşılaştırmalı bir biçimde (daha çok, eşit veya daha az şeklinde) önceki haliyle ilişkilendirmeleri istenmiştir. Soruların çoğunluğu sayısal değerler içermemektedir. Dolayısıyla, öğrencilerin çeşitli değişkenler arasında işlevsel bağıntılar kurup kurmadığı cevaplarından çıkartılabilmektedir. Öğrenciler, uygulanan testin dersi geçme notlarına etki edeceği konusunda uyarılmıştır. Böylece öğrencilerin teste ciddi olarak yaklaşmaları sağlanmıştır. Bu amaçla test sonuçları ders öğretmenlerine de bildirilmiştir.

Öğrenciler cevaplarını kendilerine verilen cevap formu üzerine işaretlemişlerdir. Bütün gruplardan elde edilen cevap formları bilgisayar yardımıyla değerlendirilmiştir. Bu amaçla MS Excel programı kullanılmıştır. Öncelikle cevap formu üzerindeki harfler rakamsal kodlarına çevrilmiştir. Bu işlemin amacı bilgisayara daha hızlı giriş yapabilmektir. Örneğin, 1-B, 2-D, 3-A, 4-E, 5-B şeklinde işaretlenen bir form, A=1, B=2, C=3, D=4, E=5, boş=0 kodlamasıyla 24152 şeklinde beş basamaklı bir sayı halinde girilince, Excel programına işlenen formüller sayesinde ilgili bölüm BDAEB şeklinde görünmektedir. Bütün formlar bu şekilde işlendikten sonra Excel programında her öğrencinin 50 soruluk test için kaç tane soru işaretlediği, kaç doğru, kaç yanlışı olduğu hesaplanmıştır. Aynı zamanda o grubun başarı ortalaması, her öğrencinin aldığı puan değerine göre hesaplanmış olmaktadır.

Microsoft Excel - genel.xls

Dosya Düzen Görünüm Ekle Biçim Araçlar Veri Pencere Yardım

X249 =EĞER(PARÇAAL(\$Q249;X\$1;1)="1";"a";(EĞER(PARÇAAL(\$Q249;X\$1;1)="4";"d";EĞER(PARÇAAL(\$Q249;X\$1;1)="0";"x";(EĞER

A	B	C	GHI	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z									
	50 soru	86	1 6 1 6 1 6 1 6 1 6	1>50	t	k	2				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
	sıra no	sınıf	adı soyadı					50		274 ögr.	c	b	c	b	b	e	c	e	c	e	d	e	d	b	a	d	k		
249	bfl	83	mustafa	6 6 6 0 6 2 2 2 3 0	5133461314	50	N	PU 32		e	a	c	c	d	e	a	c	a	d	e	d	c	c	a	x	k			
250	bfl		karataş	1 1 4 2 3 0 4 1 2 1	5433102153																								
251	bfl			3 3 3 1 3 4 0 0 0 0	6331020420		16	D 16			1												1						
				4 4 1 3 0 0 3 0 0 1	2404321000		22	T 38		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
					3203001011																								
252	bfl	84	tuğba talay	4 6 6 2 6 2 2 2 0 0	4216263616	50	N	PU 48		d	b	a	e	b	e	c	e	a	e	e	d	d	e	b	k				
253	bfl			2 3 6 2 1 1 4 6 0 0	6644622464																								
254	bfl			1 6 4 4 3 3 2 0 0 0	5132121314		24	D 24			1		1	1	1	1				1	1	1							
				6 1 4 6 2 1 2 0 3 2	2422026000																								
				2 6 5 4 1 4 0 0 2	0003000022		15	T 39		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
					3203000022																								

öğrenciler / 1-35 / 36-50 / seçenek /

Şekil 3.1 KYBT analizinde kullanılan MS Excel programının doğru, yanlış ve boş cevapları belirleme sayfası.

Soruların madde analizi için de Excel programında bölümler oluşturulmuştur. Yanlış bir seçeneğin %20 den fazla olması o soru üzerinde daha fazla yorum yapılması gerektiğini göstermesi açısından program kullanılmıştır.

3.3 Test Soruları ve Madde Analizi Tabloları

Bu bölümde öğrencilere uygulanan KYBT sonuçları ve her sorunun doğru ve yanlış seçeneklerine yapılan işaretleme sayısı ve yüzdeleri verilmektedir. Soruların doğru cevapları altı çizili olarak belirtilmiştir. Daha sonra yanlış cevap oranı %20 yi aşan sorular kavram yanlışları açısından incelenmektedir.

Tablo 3.1 KYBT madde analizi tablolarının sütün başlıklarının açıklamaları.

Tablodaki Kısaltma	Açıklaması
S N	Soru No
S	Seçenek Harfi a, b ,c ,d, e ve (-) Boş bırakılmış soruları belirtmektedir.
SEÇENEKLER	Seçenek İçeriği.
Doğru Seç.	Doğru Seçenek
GENEL %	Bütün Okulların Toplamı Üzerinden Yüzdelerik Oran
274 öğrenci	Bütün Okulların Toplamı Üzerinden Frekans
IFL %	Isparta Fen Lisesi Yüzdelerik Oranı
69 öğrenci	Isparta Fen Lisesi Frekansı
IAL %	Isparta Anadolu Lisesi Yüzdelerik Oranı
84 öğrenci	Isparta Anadolu Lisesi Frekansı
mpAL %	Anadolu Lisesi Yüzdelerik Oranı
75 öğrenci	Isparta Milli Piyango Anadolu Lisesi Frekansı
BFL %	Bucak Hikmet Tolunay Fen Lisesi Yüzdelerik Oranı
46 öğrenci	Bucak Hikmet Tolunay Fen Lisesi Frekansı
>%20	Seçenekleri İşaretlenme oranı %20 aşan soruları ? ile belirtilmektedir
KY?	Kavram Yanılgıları Açısından Değerlendirilmesi Gereken Seçenekler ?? ile belirtilmektedir

Microsoft Excel - genel.xls

Dosya Düzen Görünüm Ekle Biçim Araçlar Veri Pencere Yardım

E4

	A	B	C	D	HN	HCHPHCHRRHSHT	HU	HVHMHXHYHZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	
1																								
2	274	öğrencisayısı	274		32	a b c d e o	33	a b c d e o	34	a b c d e o	35	a b c d e o												
3	iptal	soru sayısı	50			d		c				d								b				
4		kalan soru sayısı	50			4,01	3,28	2,92	2,8	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	
5		adı soyadı	sınıf		d	11	9	8	10	100	28	117	c	9	24	176	3	28	34	d	24	93	32	73
i25	1	hatice toka	34	24	x		1	c	1		b	1							c		1			
i26				12			1																	
i27																								
i28	1	merve cantürk	36	26	x		1	c	1		b	1							a	1				
i29				13			1																	
i30																								
i31	1	ela artun	36	26	x		1	c	1		b	1							c		1			
i32				13			1																	

öğrenciler 1-35 36-50 seçenek /

Şekil 3.2 KYBT sorularının Excel programındaki madde analizi sayfası.

1. q yüklü bir taneciğin manyetik ve elektriksel alandaki hareketi ile ilgili olarak;

I. Tanecik manyetik alana paralel doğrultuda girer ise, manyetik alan q yükünün kinetik enerjisini değiştirir.

II. Tanecik manyetik alana dik doğrultuda girer ise, manyetik alan q yükünün kinetik enerjisini değiştirir.

III. Tanecik elektrik alana paralel girer ise, elektrik alan q yükünün kinetik enerjisini değiştirir.

yargularından hangileri doğrudur?

S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
1	a	Yalnız I		2,19	6	5,80	4	0,00	0	0,00	0	4,35	2	?	
1	b	I ve II		7,66	21	1,45	1	1,19	1	20,00	15	8,70	4	?	
1	c	Yalnız III	c	14,23	39	1,45	1	0,00	0	50,67	38	0,00	0	?	
1	d	II ve III		29,20	80	78,26	54	0,00	0	0,00	0	56,52	26	?	??
1	e	I, II ve III		8,39	23	11,59	8	0,00	0	9,33	7	17,39	8	?	
1	-			38,32	105	1,45	1	98,81	83	20,00	15	13,04	6	?	x

3. Düzgün manyetik alana v hızı ile dik giren yüklü tanecik dairesel yörüngede dolaşırken;

I. Taneciğin kütlesi

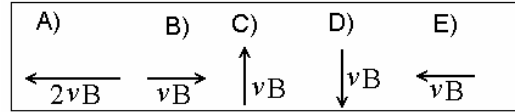
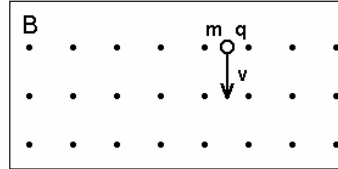
II. Manyetik alanın şiddeti

III. Çemberin yarıçapı

niceliklerinden hangileri hareketin periyodunu etkilemez?

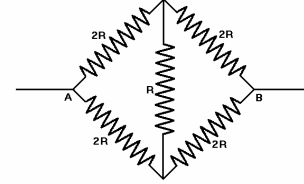
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
3	a	Yalnız I		7,66	21	0,00	0	8,33	7	0,00	0	30,43	14	?	
3	b	Yalnız II		8,39	23	1,45	1	0,00	0	18,67	14	17,39	8	?	
3	c	Yalnız III	c	41,97	115	69,57	48	10,71	9	57,33	43	32,61	15	?	
3	d	I ve II		6,57	18	24,64	17	0,00	0	1,33	1	0,00	0	?	
3	e	II ve III		2,92	8	4,35	3	0,00	0	2,67	2	6,52	3	?	
3	-			32,48	89	0,00	0	80,95	68	20,00	15	13,04	6	?	??

5. Sayfa düzlemine dik ve dışarı doğru olan manyetik alana dik giren taneciğin hareketine aynı hız ile devam etmesi için bu düzlemdeki **elektrik alanı hangi yönde ve ne kadar olmalıdır?**



S	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
5	a			5,47	15	2,90	2	0,00	0	12,00	9	8,70	4	?	
<u>5</u>	<u>b</u>		<u>b</u>	<u>22,63</u>	<u>62</u>	<u>69,57</u>	<u>48</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>30,43</u>	<u>14</u>	<u>?</u>	
5	c			2,92	8	5,80	4	0,00	0	0,00	0	8,70	4	?	
5	d			6,57	18	0,00	0	0,00	0	14,67	11	15,22	7	?	
5	e			23,72	65	21,74	15	0,00	0	49,33	37	28,26	13	?	<u>??</u>
5	-			38,32	105	0,00	0	100,00	84	22,67	17	8,70	4	?	x

7. Şekildeki devre parçasında A ve B noktaları arasındaki eşdeğer direnç nedir?



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
7	a	R/2		1,46	4	0,00	0	0,00	0	0,00	0	8,70	4	?	
7	b	R		1,09	3	0,00	0	1,19	1	2,67	2	0,00	0	?	
7	c	2R	c	63,87	175	98,55	68	33,33	28	82,67	62	36,96	17	?	
7	d	3R/2		6,57	18	0,00	0	0,00	0	14,67	11	15,22	7	?	
7	e	3R		5,11	14	1,45	1	2,38	2	0,00	0	23,91	11	?	
7	-			21,90	60	0,00	0	63,10	53	0,00	0	15,22	7	?	??

9. Düzgün B manyetik alanına dik olarak giren yüklü parçacıkların çembersel yörüngedeki frekansları,

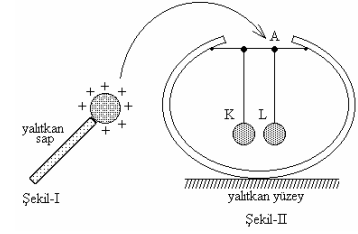
I. Manyetik alanın büyüklüğü ile ters orantılıdır.

II. Çizgisel hızına bağlı değildir.

III. Dairesel yörüngenin yarıçapına bağlı değildir. ifadelerinden hangileri doğrudur?

S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
9	a	Yalnız I		13,50	37	11,59	8	0,00	0	21,33	16	28,26	13	?	
9	b	Yalnız II		1,46	4	0,00	0	0,00	0	0,00	0	8,70	4	?	
9	c	Yalnız III	c	22,99	63	24,64	17	0,00	0	56,00	42	8,70	4	?	
9	d	I ve II		5,47	15	15,94	11	1,19	1	0,00	0	6,52	3	?	
9	e	II ve III		12,04	33	43,48	30	0,00	0	0,00	0	6,52	3	?	
9	-			44,16	121	2,90	2	98,81	83	22,67	17	41,30	19	?	x

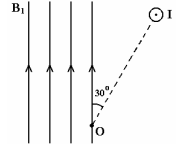
10. Düşey kesiti şekildeki gibi olan Şekil-II deki sistem kablolar da dahil olmak üzere tamamen iletkenidir. Şekil-I deki (+) yüklü cisim bu sistemin A noktasına dokundurularak çekiliyor. Buna göre K ve L küreciklerinin durumu için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
10	a	İkisi de pozitif yüklendiklerinden birbirlerini iterler.		30,66	84	34,78	24	28,57	24	21,33	16	43,48	20	?	??
10	b	İkisi de negatif yüklendiklerinden birbirlerini iterler.		1,82	5	0,00	0	0,00	0	1,33	1	8,70	4	?	
10	c	L pozitif, K negatif yüklendiklerinden birbirlerini çekerler.		0,73	2	0,00	0	0,00	0	0,00	0	4,35	2	?	
10	d	L pozitif, K yüksüz olduğundan L, K yı çeker.		9,49	26	2,90	2	3,57	3	24,00	18	6,52	3	?	
<u>10</u>	<u>e</u>	<u>Yüklenmediklerinden etkilenmezler.</u>	<u>e</u>	<u>55,84</u>	<u>153</u>	<u>62,32</u>	<u>43</u>	<u>66,67</u>	<u>56</u>	<u>53,33</u>	<u>40</u>	<u>30,43</u>	<u>14</u>	<u>?</u>	
10	-			1,46	4	0,00	0	1,19	1	0,00	0	6,52	3	?	

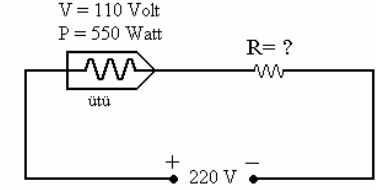
12. B_1 düzgün manyetik alanında bulunan sayfa düzlemine dik bir telden dışa doğru I akımı geçmekte ve telin O noktasında oluşturduğu manyetik alan B_1 büyüklüğünde ölçülmektedir. Buna göre O da oluşan net manyetik alan aşağıdakilerden hangisidir?

($\sin 60 = \sqrt{3}/2$; $\cos 60 = 1/2$)



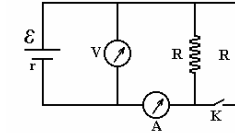
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
12	a	0		3,28	9	0,00	0	1,19	1	0,00	0	17,39	8	?	
12	b	$2B_1$		5,84	16	5,80	4	11,90	10	0,00	0	4,35	2	?	
12	c	$B_1 \sqrt{2}$		1,82	5	0,00	0	0,00	0	2,67	2	6,52	3	?	
12	d	$B_1 \sqrt{3}/2$		21,53	59	34,78	24	7,14	6	20,00	15	30,43	14	?	??
<u>12</u>	<u>e</u>	<u>B_1</u>	<u>e</u>	<u>43,80</u>	<u>120</u>	<u>56,52</u>	<u>39</u>	<u>40,48</u>	<u>34</u>	<u>54,67</u>	<u>41</u>	<u>13,04</u>	<u>6</u>	<u>?</u>	
12	-			23,72	65	2,90	2	39,29	33	22,67	17	28,26	13	?	??

13. Üzerinde 550 Watt ve 110 yazan bir ütü, 220 voltluk gerilimde şekildeki gibi bir R direnciyle birlikte kullanılacaktır. Ütünün 110 voltluk gerilimdeki gibi çalışması için R direnci kaç ohm olmalıdır?



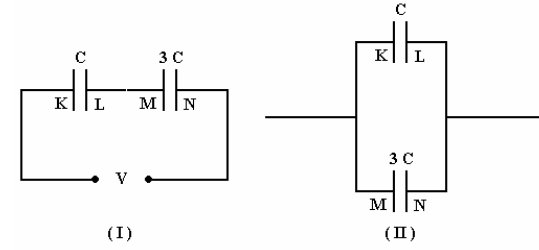
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
13	a	100		0,36	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0	2,17	1	?	
13	b	88		8,39	23	2,90	2	2,38	2	25,33	19	0,00	0	?	
13	c	44		31,75	87	14,49	10	50,00	42	25,33	19	34,78	16	?	??
<u>13</u>	<u>d</u>	<u>22</u>	<u>d</u>	<u>54,74</u>	<u>150</u>	<u>82,61</u>	<u>57</u>	<u>39,29</u>	<u>33</u>	<u>49,33</u>	<u>37</u>	<u>50,00</u>	<u>23</u>	<u>?</u>	
13	e	11		0,73	2	0,00	0	0,00	0	0,00	0	4,35	2	?	
13	-			4,01	11	0,00	0	8,33	7	0,00	0	8,70	4	?	

14. Şekildeki devrede K anahtarı kapatılınca aşağıdakilerden hangisi doğru olur?



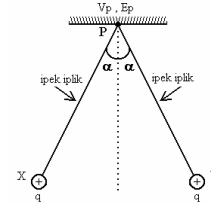
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
14	a	I artar, V artar.		1,46	4	2,90	2	0,00	0	0,00	0	4,35	2	?	
<u>14</u>	<u>b</u>	<u>I artar, V azalır.</u>	<u>b</u>	<u>33,58</u>	<u>92</u>	<u>28,99</u>	<u>20</u>	<u>10,71</u>	<u>9</u>	<u>76,00</u>	<u>57</u>	<u>13,04</u>	<u>6</u>	<u>?</u>	
14	c	I artar, V değişmez.		54,74	150	60,87	42	72,62	61	24,00	18	63,04	29	?	??
14	d	I azalır, V değişmez.		5,47	15	4,35	3	5,95	5	0,00	0	15,22	7	?	
14	e	I azalır, V azalır.		2,19	6	2,90	2	3,57	3	0,00	0	2,17	1	?	
14	-			2,55	7	0,00	0	7,14	6	0,00	0	2,17	1	?	

16. Şekildeki kondansatörler V potansiyel farkı ile yüklendikten sonra Şekil –II deki gibi bağlanırsa aşağıdakilerden hangisi kesin doğru olur?



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
16	a	I ve II de kondansatörlerin her birinin sahip olduğu potansiyeller oranı değişmez.		0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	?	
16	b	II deki ortak potansiyel, I deki toplam potansiyele eşit olur.		3,65	10	2,90	2	0,00	0	5,33	4	8,70	4	?	
16	c	II deki kondansatör yükleri eşit olur.		16,42	45	21,74	15	0,00	0	40,00	30	0,00	0	?	
16	<u>d</u>	<u>I deki toplam yük, II deki toplam yüke eşit olur.</u>	<u>d</u>	<u>30,29</u>	<u>83</u>	<u>52,17</u>	<u>36</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>53,33</u>	<u>40</u>	<u>15,22</u>	<u>7</u>	<u>?</u>	
16	e	I de kondansatörlerin yükleri oranı 1/3 tür.		9,49	26	20,29	14	0,00	0	0,00	0	26,09	12	?	
16	-			40,15	110	2,90	2	100,00	84	1,33	1	50,00	23	?	x

17. P noktasına asılmış +q elektrik yüklü özdeş X, Y sarkaçları şekildeki gibi dengededir. Bu durumda, P noktasındaki elektriksel potansiyel V_p elektriksel alanın büyüklüğü E_p dir. Sarkaç kürelerinin yükleri ve yarıçapları aynı kalmak koşuluyla kütleleri artırılırsa, yeniden oluşacak denge durumunda V_p , E_p için ne söylenebilir?

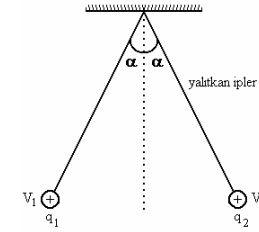


S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
17	a	V_p artar, E_p değişmez.		8,03	22	28,99	20	0,00	0	0,00	0	4,35	2	?	
17	<u>b</u>	<u>V_p değişmez, E_p artar.</u>	<u>b</u>	<u>37,96</u>	<u>104</u>	<u>62,32</u>	<u>43</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>66,67</u>	<u>50</u>	<u>23,91</u>	<u>11</u>	<u>?</u>	
17	c	V_p , E_p azalır.		4,74	13	1,45	1	0,00	0	16,00	12	0,00	0	?	
17	d	V_p , E_p azalır.		5,11	14	1,45	1	0,00	0	16,00	12	2,17	1	?	
17	e	V_p , E_p değişmez.		7,66	21	4,35	3	0,00	0	0,00	0	39,13	18	?	
17	-			36,50	100	1,45	1	100,00	84	1,33	1	30,43	14	?	x

18. Hacimleri V_1 , V_2 olan içi dolu şekildeki kütlelerin özkütleri d_1 ve d_2 dir. Yüklü küreler düşeyle eşit açılar yapacak şekilde dengede kalabildiklerine göre;

- I. $q_1 = q_2$
- II. $V_1 > V_2$, $d_1 < d_2$
- III. $V_1 = V_2$, $d_1 = d_2$

ifadelerinden hangileri kesinlikle doğrudur?

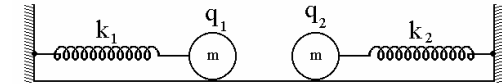


S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
18	a	Yalnız I		13,14	36	1,45	1	8,33	7	12,00	9	41,30	19	?	
18	b	Yalnız II		1,82	5	4,35	3	1,19	1	0,00	0	2,17	1	?	
<u>18</u>	<u>c</u>	<u>Yalnız III</u>	<u>c</u>	<u>52,55</u>	<u>144</u>	<u>47,83</u>	<u>33</u>	<u>51,19</u>	<u>43</u>	<u>81,33</u>	<u>61</u>	<u>15,22</u>	<u>7</u>	<u>?</u>	
18	d	II ve III		26,28	72	44,93	31	32,14	27	6,67	5	19,57	9	?	??
18	e	I, II ve III		3,65	10	1,45	1	3,57	3	0,00	0	13,04	6	?	
18	-			2,55	7	0,00	0	3,57	3	0,00	0	8,70	4	?	

21. Sürtünmesiz, yatay yalıtkan yüzeyde yaylara şekildeki gibi bağlı küreler yüküldür. Yaylar eşit miktarda uzadıklarına göre;

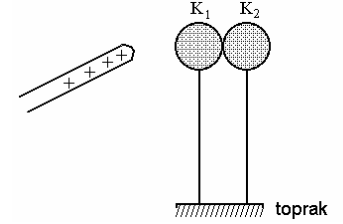
- I. Yay sabitleri aynıdır.
- II. Yükler zıt işaretli fakat farklı değerlerde olabilir.
- III. Yükler zıt işaretli fakat eşit büyüklükte olabilir.

Yukarıdaki ifadelerden hangileri doğrudur?



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
21	a	Yalnız I		1,82	5	1,45	1	2,38	2	1,33	1	2,17	1		
21	b	Yalnız II		3,65	10	2,90	2	4,76	4	0,00	0	8,70	4		
21	c	I ve II		3,28	9	4,35	3	7,14	6	0,00	0	0,00	0		
21	d	I ve III		17,88	49	7,25	5	21,43	18	18,67	14	26,09	12		
<u>21</u>	<u>e</u>	<u>I, II ve III</u>	<u>e</u>	<u>68,98</u>	<u>189</u>	<u>84,06</u>	<u>58</u>	<u>60,71</u>	<u>51</u>	<u>69,33</u>	<u>52</u>	<u>60,87</u>	<u>28</u>		
21	-			4,38	12	0,00	0	3,57	3	10,67	8	2,17	1		

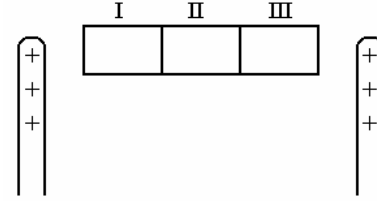
22. Şekildeki yüklü çubuk iletken tellerle toprağa bağlı K_1 ve K_2 kürelerine yaklaştırılmaktadır. Kürelerin toprakla temasları kesilip çubuk çekildikten sonra K_1 ve K_2 küreleri bir yalıtkanla ayrılırlarsa yük durumları ne olur? (K_1 ve K_2 küreleri başlangıçta yüksüzdür.)



	K_1	K_2
a)	=	=
b)	+	+
c)	-	+
d)	+	-
e)	0	0

S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
22	a		a	56,57	155	55,07	38	47,62	40	77,33	58	41,30	19	?	
22	b			2,92	8	1,45	1	5,95	5	1,33	1	2,17	1	?	
22	c			32,48	89	39,13	27	34,52	29	20,00	15	39,13	18	?	??
22	d			1,46	4	1,45	1	1,19	1	1,33	1	2,17	1	?	
22	e			3,65	10	1,45	1	3,57	3	0,00	0	13,04	6	?	
22	-			2,92	8	1,45	1	7,14	6	0,00	0	2,17	1	?	

23. Özdeş üç cisim, şekildeki gibi yüklü çubuklar arasında dururken bir yalıtıkla birbirlerinden ayrıldıktan sonra çubuklar kaldırılıyor. Bu işlemlerden sonra cisimlerin yük durumu nasıl olur?

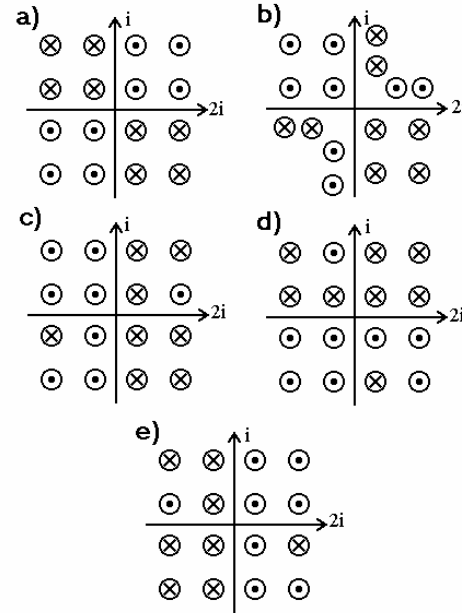


	I	II	III
a)	-q	0	+q
b)	-q	0	-q
c)	-q	+2q	-q
d)	+q	0	-q
e)	+q	-2q	+q

S	N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
23	a				1,09	3	2,90	2	1,19	1	0,00	0	0,00	0		
23	b				1,82	5	1,45	1	1,19	1	1,33	1	4,35	2		
<u>23</u>	<u>c</u>			<u>c</u>	<u>93,07</u>	<u>255</u>	<u>94,20</u>	<u>65</u>	<u>86,90</u>	<u>73</u>	<u>98,67</u>	<u>74</u>	<u>93,48</u>	<u>43</u>		
23	d				0,36	1	1,45	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0		
23	e				2,92	8	0,00	0	9,52	8	0,00	0	0,00	0		
23	-				0,73	2	0,00	0	1,19	1	0,00	0	2,17	1		

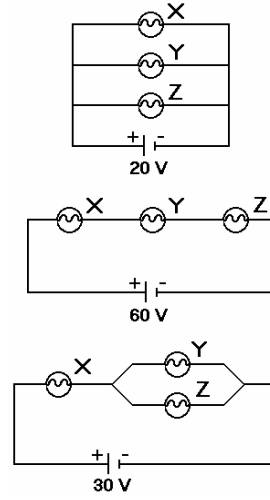
24. Şekildeki tellerin manyetik alanları için aşağıdakilerden hangisi doğru olabilir?

⊗ sayfa düzlemine dik içe doğru, ⊙ sayfa düzlemine dik dışa doğru



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
24	a			6,20	17	0,00	0	7,14	6	6,67	5	13,04	6		
<u>24</u>	<u>b</u>		<u>b</u>	<u>66,06</u>	<u>181</u>	<u>100,00</u>	<u>69</u>	<u>57,14</u>	<u>48</u>	<u>46,67</u>	<u>35</u>	<u>63,04</u>	<u>29</u>		
24	c			3,65	10	0,00	0	3,57	3	6,67	5	4,35	2		
24	d			2,55	7	0,00	0	1,19	1	6,67	5	2,17	1		
24	e			1,82	5	0,00	0	1,19	1	5,33	4	0,00	0		
<u>24</u>	-			<u>19,71</u>	<u>54</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>29,76</u>	<u>25</u>	<u>28,00</u>	<u>21</u>	<u>17,39</u>	<u>8</u>		

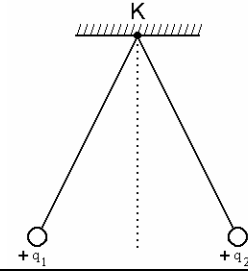
25. Özdeş X, Y ve Z lambalarından şekildeki gibi üç ayrı devre kurulmuştur. Hangi lamba veya lambaların parlaklığı her üç devrede de aynıdır?



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
25	a	Yalnız X	a	71,17	195	91,30	63	57,14	48	76,00	57	58,70	27	?	
25	b	Yalnız Y		0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	?	
25	c	Y ve Z		22,26	61	7,25	5	35,71	30	22,67	17	19,57	9	?	??
25	d	X ve Z		0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	?	
25	e	X, Y ve Z		2,19	6	0,00	0	2,38	2	0,00	0	8,70	4	?	
25	-			4,38	12	1,45	1	4,76	4	1,33	1	13,04	6	?	

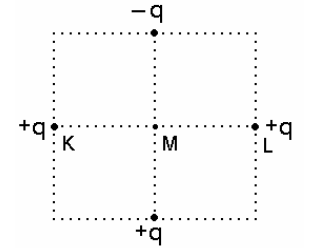
26. Şekildeki gibi yalıtkan bir iple tavana asılı $+q_1$ ve $+q_2$ yüklerinin K noktasında oluşturdukları elektrik alanının büyüklüğünü

- I. Kütleler büyütülüp, yükler artırılmalı.
 II. Kütleler büyütülüp, yükler sabit tutulmalı.
 III. Kütleler küçültülüp, yükler sabit tutulmalı. **işlemlerinden hangisi yada hangileri kesinlikle artırır?**



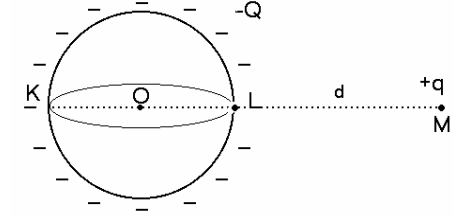
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
26	a	Yalnız I		27,01	74	13,04	9	41,67	35	13,33	10	43,48	20	?	??
26	b	Yalnız II	b	44,16	121	72,46	50	2,38	2	76,00	57	26,09	12	?	
26	c	I ve II		10,58	29	14,49	10	13,10	11	0,00	0	17,39	8	?	
26	d	I ve III		14,60	40	0,00	0	33,33	28	10,67	8	8,70	4	?	
26	e	II ve III		0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	?	
26	-			3,65	10	0,00	0	9,52	8	0,00	0	4,35	2	?	

27. Şekildeki gibi bir karenin kenarlarının orta noktalarında yer alan yüklerin olduğu sistemde M noktasının potansiyeli V_1 dir. L noktasındaki yük K noktasının üzerine getirildiğinde, M noktasının potansiyeli için aşağıdakilerden hangisi doğrudur.



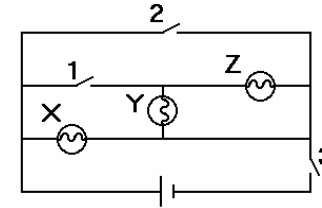
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
27	a	Değişmez.	a	39,05	107	89,86	62	0,00	0	54,67	41	8,70	4	?	
27	b	İki katına çıkar.		2,19	6	4,35	3	0,00	0	1,33	1	4,35	2	?	
27	c	Yarıya iner.		3,65	10	0,00	0	0,00	0	12,00	9	2,17	1	?	
27	d	Üç katına çıkar.		0,36	1	0,00	0	0,00	0	0,00	0	2,17	1	?	
27	e	$\sqrt{2}$ Katına çıkar		20,44	56	5,80	4	1,19	1	32,00	24	58,70	27	?	??
27	-			34,31	94	0,00	0	98,81	83	0,00	0	23,91	11	?	x

28. Sabit, içi boş negatif yüklü bir kürenin d kadar uzağına şekildeki gibi çok küçük bir pozitif yük yerleştirilmiştir. **Pozitif yükün serbest bırakıldıktan sonraki hareketi için ne söylenebilir?** ($Q > q$; L deki delikten yük geçebiliyor.)



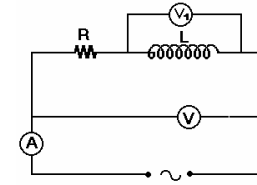
S	N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
28	a		M-L arasında hızlanıp, L-O arasında yavaşlayarak O da durur.		17,15	47	1,45	1	28,57	24	8,00	6	34,78	16		
28	b		M-L arasında hızlanıp, K-L arasında yavaşlayarak K da durur.		4,74	13	1,45	1	1,19	1	12,00	9	4,35	2		
<u>28</u>	<u>c</u>		<u>M-L arasında hızlanıp, L-K arası sabit hızla K ya çarpar.</u>	<u>c</u>	<u>48,54</u>	<u>133</u>	<u>79,71</u>	<u>55</u>	<u>21,43</u>	<u>18</u>	<u>65,33</u>	<u>49</u>	<u>23,91</u>	<u>11</u>		
28	d		M-L arası hızlanıp, L-K arası harmonik hareket yapar.		19,34	53	15,94	11	35,71	30	0,00	0	26,09	12		
28	e		M-K arası hızlanıp, K ya çarpar.		0,73	2	1,45	1	1,19	1	0,00	0	0,00	0		
28	-				9,49	26	0,00	0	11,90	10	14,67	11	10,87	5		

29. Şekildeki devrede bulunan özdeş lambalar, hangi anahtarlar kapatılırsa aynı parlaklıkta yanarlar?



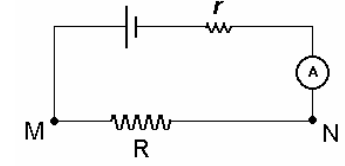
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
29	a	<u>1 ve 3</u>	a	<u>59,49</u>	<u>163</u>	<u>78,26</u>	<u>54</u>	<u>42,86</u>	<u>36</u>	<u>64,00</u>	<u>48</u>	<u>54,35</u>	<u>25</u>	<u>?</u>	
29	b	3		22,63	62	15,94	11	39,29	33	9,33	7	23,91	11	?	??
29	c	2 ve 3		10,95	30	5,80	4	5,95	5	20,00	15	13,04	6	?	
29	d	1 ve 2		1,09	3	0,00	0	1,19	1	0,00	0	4,35	2	?	
29	e	1, 2 ve 3		1,46	4	0,00	0	1,19	1	2,67	2	2,17	1	?	
29	-			<u>4,01</u>	<u>11</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>9,52</u>	<u>8</u>	<u>2,67</u>	<u>2</u>	<u>2,17</u>	<u>1</u>	<u>?</u>	

32. Şekildeki alternatif akım devresinde ampermetre 2 A , $R = 3 \Omega$ ve V_1 voltmetresi de 8 V u gösteriyor. Buna göre V voltmetresi kaç V gösterir?



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
32	a	2		4,01	11	1,45	1	0,00	0	9,33	7	6,52	3	?	
32	b	6		2,92	8	0,00	0	0,00	0	9,33	7	2,17	1	?	
32	c	8		3,65	10	0,00	0	0,00	0	12,00	9	2,17	1	?	
32	d	<u>10</u>	d	<u>36,50</u>	<u>100</u>	<u>94,20</u>	<u>65</u>	<u>1,19</u>	<u>1</u>	<u>29,33</u>	<u>22</u>	<u>26,09</u>	<u>12</u>	<u>?</u>	
32	e	14		10,22	28	4,35	3	7,14	6	0,00	0	41,30	19	?	
32	-			<u>42,70</u>	<u>117</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>91,67</u>	<u>77</u>	<u>40,00</u>	<u>30</u>	<u>21,74</u>	<u>10</u>	<u>?</u>	x

33. Şekilde verilen devrede ampermetre I değerini göstermektedir. M ve N arasına R ye paralel bir R' direnci bağlanmaktadır. Buna göre;

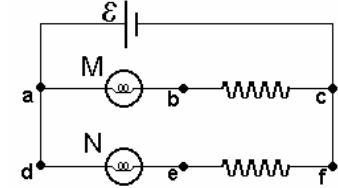


S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
33	a	I değeri değişmez ve R ile R' deki akımlar dirençleriyle ters orantılıdır.		3,28	9	1,45	1	2,38	2	0,00	0	13,04	6		
33	b	M ve N arasındaki potansiyel fark değişmez.		8,76	24	7,25	5	13,10	11	0,00	0	17,39	8		
33	c	<u>I değeri artar ve M ve N arasındaki potansiyel fark azalır.</u>	<u>c</u>	<u>64,23</u>	<u>176</u>	<u>86,96</u>	<u>60</u>	<u>38,10</u>	<u>32</u>	<u>100,00</u>	<u>75</u>	<u>19,57</u>	<u>9</u>		
33	d	R de açığa çıkan ısı değişmez.		1,09	3	0,00	0	0,00	0	0,00	0	6,52	3		
33	e	I değeri artar ve M ve N arasındaki potansiyel fark artar		10,22	28	4,35	3	23,81	20	0,00	0	10,87	5		
33	-			12,41	34	0,00	0	22,62	19	0,00	0	32,61	15		

34. Evlerimize gelen elektrik 220 V luk bir voltaj kaynağıdır. Bu kaynağa ev kullanımı için üretilmiş 15 W ve 150 W lık iki ampul seri olarak bağlanmaktadır. Buna göre;

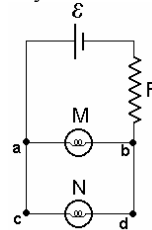
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
34	a	15 W lık ampul patlar.		8,76	24	2,90	2	10,71	9	9,33	7	13,04	6	?	
34	b	15 W lık ampul zayıf, 150 W lık ampul güçlü ışık verir.		33,94	93	60,87	42	34,52	29	13,33	10	26,09	12	?	??
34	c	Her iki ampul de zayıf ışık verir.		11,68	32	26,09	18	11,90	10	0,00	0	8,70	4	?	
34	d	<u>15 W lık ampul normale yakın ışık verir, 150 W lık ampul ise hiç ışık vermez.</u>	<u>d</u>	<u>26,64</u>	<u>73</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>8,33</u>	<u>7</u>	<u>77,33</u>	<u>58</u>	<u>17,39</u>	<u>8</u>	<u>?</u>	
34	e	15 W lık ampul ışık vermez, 150 W lık ampul normal ışık verir.		2,19	6	0,00	0	3,57	3	0,00	0	6,52	3	?	
34	-			16,79	46	10,14	7	30,95	26	0,00	0	28,26	13	?	

35. Şekildeki voltaj kaynağı ε 'nın iç direnci yoktur ve M ve N lambalarının her ikisi de yanmaktadır. N'nin uçları çıkartılıp yeri boş bırakılırsa ne olur?



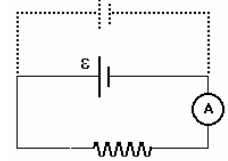
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
35	a	M lambası daha güçlü ışık verir.		14,23	39	1,45	1	20,24	17	21,33	16	10,87	5	?	
<u>35</u>	<u>b</u>	<u>d ve e arasındaki potansiyel fark artar.</u>	<u>b</u>	<u>20.80</u>	<u>57</u>	<u>0.00</u>	<u>0</u>	<u>15.48</u>	<u>13</u>	<u>54.67</u>	<u>41</u>	<u>6.52</u>	<u>3</u>	<u>?</u>	
35	c	d ve e arasındaki potansiyel fark sıfır olur.		39,05	107	92,75	64	26,19	22	0,00	0	45,65	21	?	??
35	d	d ve e arasındaki potansiyel fark değişmez.		9,12	25	4,35	3	1,19	1	22,67	17	8,70	4	?	
35	e	a ve b arasındaki potansiyel fark artar.		2,92	8	1,45	1	8,33	7	0,00	0	0,00	0	?	
35	-			13,87	38	0,00	0	28,57	24	1,33	1	28,26	13	?	

36. Şekildeki voltaj kaynağı ε 'nın iç direnci yoktur ve M ve N lambalarının her ikisi de yanmaktadır. N'nin uçları çıkartılıp yeri boş bırakılırsa ne olur?



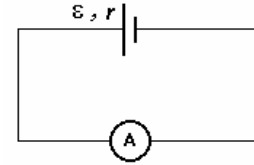
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
36	a	R'nin değeri bilinmeden yorum yapılamaz.		6,57	18	0,00	0	2,38	2	21,33	16	0,00	0	?	
36	b	c ve d arasındaki potansiyel fark sıfır olur.		31,02	85	65,22	45	22,62	19	0,00	0	45,65	21	?	??
36	c	c ve d arasındaki potansiyel fark değişmez.		4,01	11	5,80	4	3,57	3	1,33	1	6,52	3	?	
36	d	c ve d arasındaki potansiyel fark azalır.		5,11	14	10,14	7	5,95	5	0,00	0	4,35	2	?	
<u>36</u>	<u>e</u>	<u>M lambası daha güçlü ışık verir.</u>	<u>e</u>	<u>36.50</u>	<u>100</u>	<u>15.94</u>	<u>11</u>	<u>30.95</u>	<u>26</u>	<u>77.33</u>	<u>58</u>	<u>10.87</u>	<u>5</u>	<u>?</u>	
36	-			16,79	46	2,90	2	34,52	29	0,00	0	32,61	15	?	

37. Şekilde çizilen devrede ampermetre belirli bir akım değerini göstermektedir. Pilin iç direnci yoktur. İlkine eşdeğer ikinci bir pil paralel olarak şekilde gösterildiği gibi bağlanmaktadır. Buna göre;



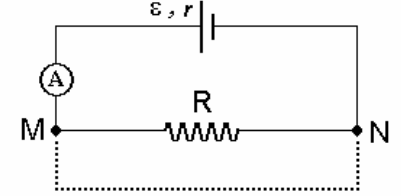
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
37	a	Ampermetrenin gösterdiği değer artacaktır.		3,28	9	0,00	0	4,76	4	0,00	0	10,87	5		
37	b	Ampermetrenin gösterdiği değer azalacaktır.		5,84	16	1,45	1	15,48	13	0,00	0	4,35	2		
37	c	R direncinin uçları arasındaki potansiyel fark artacaktır.		6,93	19	1,45	1	2,38	2	17,33	13	6,52	3		
<u>37</u>	<u>d</u>	<u>Birinci pilin içinden geçen akım azalacaktır.</u>	<u>d</u>	<u>55,84</u>	<u>153</u>	<u>86,96</u>	<u>60</u>	<u>23,81</u>	<u>20</u>	<u>81,33</u>	<u>61</u>	<u>26,09</u>	<u>12</u>		
37	e	Birinci pilin içinden geçen akım değişmeyecektir.		14,60	40	10,14	7	21,43	18	1,33	1	30,43	14		
37	-			13,50	37	0,00	0	32,14	27	0,00	0	21,74	10		

38. Şekilde çizilen devrede ampermetrenin direnci yoktur ve pilin e.m.k'ı ϵ ve iç direnci r 'dir. Buna göre;



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
38	a	Ampermetreden geçen akım sıfırdır.		2,55	7	0,00	0	4,76	4	0,00	0	6,52	3	?	
<u>38</u>	<u>b</u>	<u>Ampermetre uçları arasındaki potansiyel fark sıfırdır.</u>	<u>b</u>	<u>62,04</u>	<u>170</u>	<u>84,06</u>	<u>58</u>	<u>46,43</u>	<u>39</u>	<u>77,33</u>	<u>58</u>	<u>32,61</u>	<u>15</u>	<u>?</u>	
38	c	Pilin içindeki potansiyel düşmesi sıfırdır.		5,47	15	2,90	2	9,52	8	0,00	0	10,87	5	?	
38	d	Bütün devre boyunca açığa çıkan ısı sıfırdır.		8,39	23	0,00	0	2,38	2	22,67	17	8,70	4	?	
38	e	Pilin içinden geçen akım sıfırdır.		0,73	2	0,00	0	1,19	1	0,00	0	2,17	1	?	
38	-			20,80	57	13,04	9	35,71	30	0,00	0	39,13	18	?	??

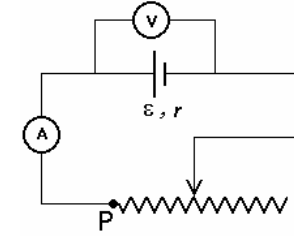
39. Bir direnç, bir ampermetre ve e.m.k'î ε ve iç direnci r olan bir pille şekildedeki gibi bağlanmaktadır. Daha sonra, M ve N noktaları kısa ve kalın bakır bir kablo parçası ile bağlanmaktadır. Buna göre;



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
39	a	R içinden geçen akım değişmez.		10,22	28	10,14	7	13,10	11	12,00	9	2,17	1	?	
39	b	Kablo içinden geçen akım küçüktür, çünkü uçları arasındaki potansiyel fark küçüktür.		2,55	7	0,00	0	4,76	4	4,00	3	0,00	0	?	
39	c	Ampermetre üzerinden geçen akım değişmez. Fakat, devredeki akım çoğunlukla bakır kablo üzerinden geçer.		6,93	19	1,45	1	15,48	13	2,67	2	6,52	3	?	
39	d	<u>Ampermetre üzerinden geçen akım artar ve devredeki akım çoğunlukla bakır kablo üzerinden geçer.</u>	<u>d</u>	<u>34,67</u>	<u>95</u>	<u>42,03</u>	<u>29</u>	<u>13,10</u>	<u>11</u>	<u>60,00</u>	<u>45</u>	<u>21,74</u>	<u>10</u>	<u>?</u>	
39	e	Ampermetre üzerinden geçen akım azalır ve devredeki akım çoğunlukla bakır kablo üzerinden geçer.		14,60	40	30,43	21	1,19	1	17,33	13	10,87	5	?	
39	-			30,66	84	14,49	10	52,38	44	4,00	3	58,70	27	?	??

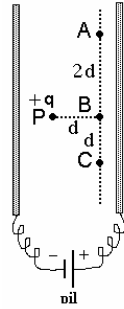
40. Şekilde çizilen devrede, bir voltmetre, e.m.k' i ε ve iç direnci r olan bir pilin uçlarına bağlanmaktadır. Ampermetrenin iç direnci yoktur ve I akımını göstermektedir. Voltmetre bir V voltajı göstermektedir. Reostanın hareketli ucu P noktasına hareket ettirilmiştir. Bu durumda, ampermetre I_1 ve voltmetre V_1 i göstermektedir.

Buna göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur?



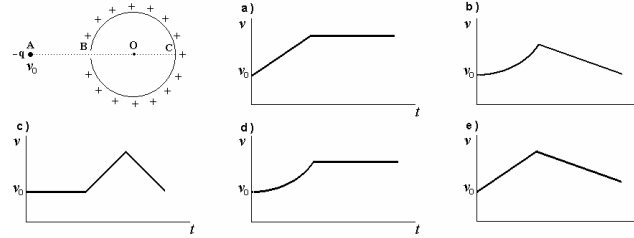
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
40	a	$I_1 > I$ ve $V_1 > V$		24,82	68	49,28	34	23,81	20	10,67	8	13,04	6	?	??
40	b	$I_1 > I$ ve $V_1 = 0$	b	<u>23,72</u>	<u>65</u>	<u>37,68</u>	<u>26</u>	<u>1,19</u>	<u>1</u>	<u>41,33</u>	<u>31</u>	<u>15,22</u>	<u>7</u>	<u>?</u>	
40	c	$I_1 = 0$ ve $V_1 = E$		18,25	50	10,14	7	21,43	18	29,33	22	6,52	3	?	
40	d	$I_1 = 0$ ve $V_1 = 0$		7,30	20	0,00	0	8,33	7	13,33	10	6,52	3	?	
40	e	$I_1 < I$ ve $V_1 = E$		1,46	4	1,45	1	3,57	3	0,00	0	0,00	0	?	
40	-			24,45	67	1,45	1	41,67	35	5,33	4	58,70	27	?	??

41. Yerçekimi ve sürtünmenin ihmal edildiği bir ortamda, şekildedeki gibi levhalar bir pilin uçlarına bağlanmıştır. P'deki $+q$ yükü A, B ve C noktalarına ayrı ayrı getirmek için yapılan işleri hangi sıralamada doğru olarak verilmiştir?



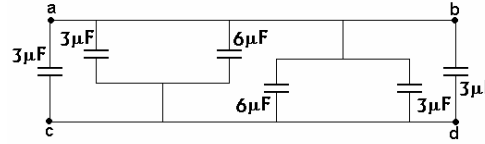
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
41	a	$W_A > W_B > W_C$		5,47	15	10,14	7	0,00	0	6,67	5	6,52	3	?	
41	b	$W_B > W_A > W_C$		2,55	7	1,45	1	0,00	0	6,67	5	2,17	1	?	
41	c	$W_A = W_B = W_C$	c	<u>36,86</u>	<u>101</u>	<u>79,71</u>	<u>55</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>37,33</u>	<u>28</u>	<u>39,13</u>	<u>18</u>	<u>?</u>	
41	d	$W_A = W_C > W_B$		3,65	10	1,45	1	0,00	0	12,00	9	0,00	0	?	
41	e	$W_A = W_C < W_B$		8,76	24	5,80	4	0,00	0	20,00	15	10,87	5	?	
41	-			42,70	117	1,45	1	100,00	84	17,33	13	41,30	19	?	x

42. A dan v_0 hızı ile bırakılan $-q$ yüklü bir parçacık, içi boş bir küreye B deki delikten girerek C ye ulaşıyor. Parçacığın ABC yolu boyunca hız-zaman grafiği aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
42	a			28,47	78	52,17	36	20,24	17	18,67	14	23,91	11	?	??
42	b			18,25	50	4,35	3	34,52	29	5,33	4	30,43	14	?	
42	c			6,20	17	0,00	0	7,14	6	14,67	11	0,00	0	?	
<u>42</u>	<u>d</u>		<u>d</u>	<u>26,64</u>	<u>73</u>	<u>43,48</u>	<u>30</u>	<u>2,38</u>	<u>2</u>	<u>44,00</u>	<u>33</u>	<u>17,39</u>	<u>8</u>	<u>?</u>	
42	e			3,65	10	0,00	0	5,95	5	6,67	5	0,00	0	?	
42	-			16,79	46	0,00	0	29,76	25	10,67	8	28,26	13	?	

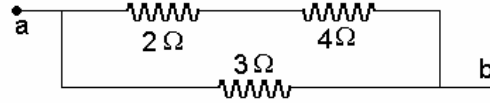
43. Şekildeki devrede a ve b arasındaki ve a ve c arasındaki eşdeğer sığalar kaç μF 'dir?



	C_{ab}	C_{ac}
a)	14	14
b)	<u>0</u>	<u>24</u>
c)	14	24
d)	0	14
e)	24	24

S	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
43	a			1,09	3	1,45	1	0,00	0	1,33	1	2,17	1	?	
<u>43</u>	<u>b</u>		<u>b</u>	<u>41,61</u>	<u>114</u>	<u>52,17</u>	<u>36</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>81,33</u>	<u>61</u>	<u>36,96</u>	<u>17</u>	<u>?</u>	
43	c			8,39	23	31,88	22	0,00	0	1,33	1	0,00	0	?	
43	d			4,38	12	0,00	0	0,00	0	9,33	7	10,87	5	?	
43	e			4,38	12	10,14	7	0,00	0	4,00	3	4,35	2	?	
<i>43</i>	-			<i>40,15</i>	<i>110</i>	<i>4,35</i>	<i>3</i>	<i>100,00</i>	<i>84</i>	<i>2,67</i>	<i>2</i>	<i>45,65</i>	<i>21</i>	<i>?</i>	<i>x</i>

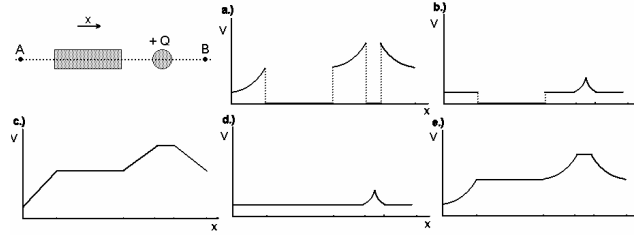
44. Şekildeki devrede $V_{ab} = 12 \text{ V}$ ise 2Ω luk dirençten geçen akım ve uçları arasındaki potansiyel fark nedir?



	I	V
a)	6	6
b)	2	2
c)	<u>2</u>	<u>4</u>
d)	4	2
e)	4	8

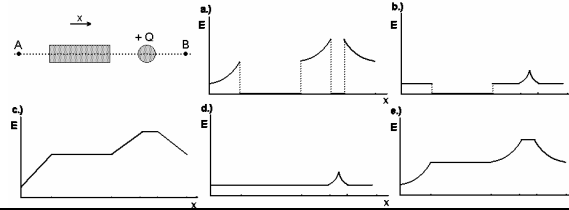
S	N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
44		a			1,82	5	0,00	0	4,76	4	0,00	0	2,17	1		
44		b			3,28	9	1,45	1	5,95	5	4,00	3	0,00	0		
<u>44</u>		<u>c</u>		<u>c</u>	<u>74,82</u>	<u>205</u>	<u>91,30</u>	<u>63</u>	<u>52,38</u>	<u>44</u>	<u>93,33</u>	<u>70</u>	<u>60,87</u>	<u>28</u>		
44		d			2,92	8	4,35	3	3,57	3	2,67	2	0,00	0		
44		e			5,47	15	2,90	2	5,95	5	0,00	0	17,39	8		
44		-			11,68	32	0,00	0	27,38	23	0,00	0	19,57	9		

45. Şekilde yüksüz bir iletken yakınına konulmuş +Q yüklü iletken kürenin oluşturduğu potansiyelin AB doğrusu boyunca grafiğini en iyi aşağıdakilerden hangisi verir?



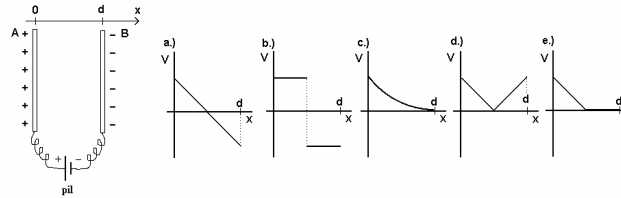
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
45	a			6,57	18	7,25	5	1,19	1	9,33	7	10,87	5	?	
45	b			4,38	12	1,45	1	0,00	0	13,33	10	2,17	1	?	
45	c			17,52	48	55,07	38	0,00	0	9,33	7	6,52	3	?	
45	d			9,49	26	0,00	0	0,00	0	29,33	22	8,70	4	?	
<u>45</u>	<u>e</u>		<u>e</u>	<u>18,25</u>	<u>50</u>	<u>34,78</u>	<u>24</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>26,67</u>	<u>20</u>	<u>13,04</u>	<u>6</u>	<u>?</u>	
45	-			43,80	120	1,45	1	98,81	83	12,00	9	58,70	27	?	x

46. Bir önceki sorudaki kürenin elektrik alanının değişimi en iyi gösteren grafik aşağıdakilerden hangisidir?



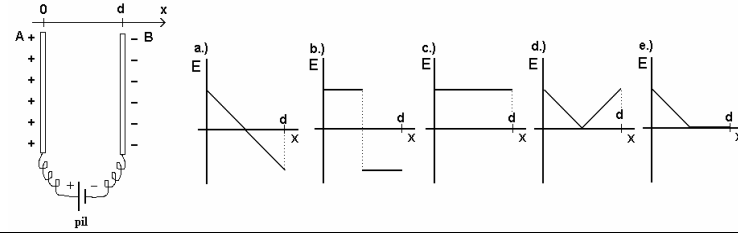
S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
46	a		a	33,94	93	69,57	48	0,00	0	57,33	43	4,35	2	?	
46	b			1,82	5	1,45	1	0,00	0	5,33	4	0,00	0	?	
46	c			4,01	11	4,35	3	0,00	0	6,67	5	6,52	3	?	
46	d			4,01	11	2,90	2	0,00	0	12,00	9	0,00	0	?	
46	e			6,20	17	5,80	4	0,00	0	8,00	6	15,22	7	?	
46	-			50,00	137	15,94	11	100,00	84	10,67	8	73,91	34	?	x

47. Şekildeki levhalar arasındaki potansiyelin uzaklığa göre değişimi aşağıdakilerden hangisi gibi olabilir?



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
47	a		a	21,90	60	37,68	26	0,00	0	38,67	29	10,87	5	?	
47	b			8,76	24	20,29	14	0,00	0	6,67	5	10,87	5	?	
47	c			10,95	30	5,80	4	0,00	0	21,33	16	21,74	10	?	
47	d			12,41	34	28,99	20	0,00	0	16,00	12	4,35	2	?	
47	e			3,28	9	4,35	3	0,00	0	6,67	5	2,17	1	?	
47	-			42,34	116	1,45	1	100,00	84	10,67	8	50,00	23	?	x

48. Bir önceki sorudaki levhalar arasındaki elektrik alanın uzaklığa göre değişimi aşağıdakilerden hangisi gibi olabilir?



S N	S	SEÇENEKLER	Doğru Seç.	GENEL %	274	IFL %	69	IAL %	84	mpAL %	75	BFL %	46	>%20	KY?
48	a			6,20	17	2,90	2	0,00	0	10,67	8	15,22	7	?	
48	b			1,09	3	1,45	1	0,00	0	1,33	1	2,17	1	?	
<u>48</u>	<u>c</u>		<u>c</u>	<u>42,34</u>	<u>116</u>	<u>92,75</u>	<u>64</u>	<u>0,00</u>	<u>0</u>	<u>62,67</u>	<u>47</u>	<u>10,87</u>	<u>5</u>	<u>?</u>	
48	d			4,38	12	0,00	0	0,00	0	13,33	10	4,35	2	?	
48	e			1,82	5	2,90	2	0,00	0	2,67	2	2,17	1	?	
48	-			<i>44,16</i>	<i>121</i>	<i>0,00</i>	<i>0</i>	<i>100,00</i>	<i>84</i>	<i>9,33</i>	<i>7</i>	<i>65,22</i>	<i>30</i>	<i>?</i>	<i>x</i>

49. (Şekil hatasından dolayı iptal edildi) Şekildeki devrede verilen özdeş ampullerin parlaklık sıralamaları aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

50. (Şekil hatasından dolayı iptal edildi) Şekildeki devrelerde verilen özdeş ampuller ve özdeş pillerin oluşturduğu devrelerde ampullerin parlaklık sıralamaları aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

3.4 Bulgular

3.4.1 Test sorularının yorumlanması

3.4.1.1 Soru 1

İlk soru manyetik alan konusuyla ilgilidir. Manyetik alanın uygulayacağı kuvvet merkezci kuvvet işlevi görecektir. Öğrenciler merkezci kuvvetin uygulandığı cisimlerin hızında büyüklük olarak bir değişim olmayacağını düşünmedikleri için hızdaki yön değişiminin kinetik enerjide bir değişime neden olacağını düşünmektedirler. Yani, “*Tanecik manyetik alana dik doğrultuda girer ise, manyetik alan q yükünün kinetik enerjisini değiştirir*” ifadesini de doğru bulmak için merkezci kuvvetin özelliğini yeterince kavramamış olmak gerekir. Bu soruda, her iki FL grubu öğrencilerinden gelen sonuçlar, yanlış olan d seçeneğinin %78 ve %57 oranında işaretlenmesi nedeniyle yukarıdaki düşünceyi desteklemektedir. AL gruplarında bu soru testin uygulanması öncesinde konular işlenmediği için cevaplanamayabileceği bilgisi üzerine aşağı yukarı tamamen boş bırakılmıştır.

3.4.1.2 Soru 5

Bu soruda başarılı olabilmek için sağ el kuralını doğru kavramak gerekir. Sağ el kuralı öncelikle herhangi iki vektörün vektörel çarpımı sonucunda bulunan üçüncü bir vektörün yönünü belirlemek için yardımcı bir kural olarak algılanmalıdır. Sadece manyetik alan, hız ve kuvvet vektörlerine özgü bir kural olarak anlatılması farklı durumlarda uygulama yanlışlarına neden olabilir. Bunun yanında çarpanlardan birine ait negatif işaretin üçüncü vektörün yönünü ters çevireceği kavranmamış olabilir. Manyetik alan konuları FL gruplarında işlenmiş durumdadır. Ancak, % 22 ve %28’luk oranlarda doğru cevabın tam tersi yönü belirten e seçeneğinin işaretlenmesi bu kavramdaki eksikliğin işaret özelliklerinden kaynaklandığını göstermektedir.

3.4.1.3 Soru 10

Bu soruda yer alan tamamen iletken olduğu belirtilen sistemdeki yüklerin yüzeye dağılması gerekir. Bu durumda kürelerin yüksüz olmaları ve birbirlerini itmemeleri

gerekir. Öğrenciler, aynı yüklerin birbirini iteceği bilgisini her durum için uygulama yanılığı, her ne kadar bu soru yaridan fazlası tarafından doğru olarak cevaplanmış olsa da, yaklaşık üçte birinin a seçeneğini işaretlemelerine neden olmuş görünmektedir.

3.4.1.4 Soru 13

Bir elektrikli ev aletinin üzerinde yazılı güç bilgisi, ancak yanında yazılı olan gerilim bilgisinde yer alan değerin sağlanması durumunda geçerli olur. Bu gerçeğin özellikle kavranmış olması bu sorudaki başarı şansını artırır. Bu gerçeği bilen öğrenciler, devredeki ütünün değişmez özelliği olan direncini hesaplayabilmektedirler. Bunun yanında, aynı ütünün önceki şart altındaki gibi çalışmasının uçları arasındaki potansiyel farkın yine 110 V olması durumunda sağlanabileceğini düşünmek gerekir. Bu da, aynı değerde bir direncin ütüye seri olarak bağlanmasıyla gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla böylesi bir nicel soruda öğrencilerin yarıya yakın bir kısmı doğru çözüme ulaşamamış görünmektedir.

3.4.1.5 Soru 14

Devreye yeni bir elaman eklenmesi veya devreden bir elemanın çıkartılması şeklindeki soru tiplerinde ortaya çıkan kavram yanılığları genel olarak %55 oranında yanılış olan c seçeneğinin işaretlenmesiyle bu soruda da ortaya çıkmıştır.

Bir elektrik devresinin belirli bir bölgesinde bir değişiklik yapıldığı zaman, devrede “bütünüyle” bir değişiklik olur, yani, potansiyel farkın yeniden dağılımı, toplam akımın değişimi vb. ayrıca değişikliğin yapıldığı bölümde de yerel bir değişim olur. Örneğin, verilen bir dirence paralel olarak bir başka direnç eklenirse bağlantı noktasına gelen akım ikisi arasında paylaşılır. Ancak, bu toplam akımın daha önceki orijinal direncin içinden geçen akıma eşit olması gerekmez. Sonuçlar, bir çok öğrencinin hem global hem de lokal değişiklikleri göz önüne alamayıp, lokal bir analize takılıp kaldığını göstermektedir. Cohen vd. (1983)’ ne göre, formal bir anlatımda, bu fenomen muhtemelen öğrencilerin birden fazla değişkenle uğraşmak durumunda kaldıklarında karşılaştıkları genel zorluktan kaynaklanabilir. Bu uğraşı birkaç değişkende aynı anda yapılan bir değişim söz konusu olduğunda özellikle

zordur. Böyle zorluklar, bu çalışmada kullanıldığı gibi dinamik durumlarda ancak açığa çıkarılabilir. Nitel soruların kullanımı, öğrencileri değişkenler arasında fonksiyonel ilişkileri göz önünde bulundurmaya zorlar ve öğrenciler algoritmaları mekanik bir biçimde otomatik olarak uygulayamazlar.

3.4.1.6 Soru 18

Bu tip sorularda denge açısının eşit olmasını belirleyen etkinin, asılı kürelerin ağırlıkları olduğu kavranmamıştır. Öğrencilerin genel olarak %13 ve BFL öğrencilerinin %41'i yanlış olan a seçeneğini işaretlerken mutlaka eşit açının eşit yük miktarına bağlı olması gibi bir yanılma içindedir. d seçeneği ise özellikle IFL öğrencileri tarafından %45 oranında işaretlemiştir.

3.4.1.7 Soru 21

Elektrik konularının iyi anlaşılması için öğrencilerin önceki dönemlerde görmek durumunda oldukları mekanik konularını da iyi anlamaları gerekir. Örneğin Newton'un 3. kanununun yeterince kavranmamış olması etki-tepki ilkesinin uygulanacağı her problemde zorluk çıkarmaktadır. 21. soruda öğrencilerin üçte ikisi başarılı görünse de, yaklaşık beşte biri eşit kuvvet uygulamak için mutlaka yüklerin de eşit olması gerektiği şeklinde bir yanılma içerisindedirler.

3.4.1.8 Soru 22

Etki ile yüklenmede, yük kaynağı çubuk ile küreler arasında yük akışını sağlayacak bir iletken olmadığı için, Kürelerden çubuğa yüklerin gelmesi mümkün olmaz. Bunun yanında, başlangıçta nötr olan K_1 ve K_2 küreleri çubuğun yaklaştırılması ve topraklama yapılması sonucunda çubukla ters işaretli yüklerle yüklenirler. Daha sonra toprakla teması kesilen küreler artık (-) yüklüdür. Çubuk uzaklaştırıldığında da her iki küre (-) yüklü kalmaya devam eder. Oysa öğrenciler, topraklama işleminde meydana gelen olayları bu soruya uygulamada %32 oranında başarısız olmuşlardır. Etki ile elektriklenme ve topraklama kavramları birbiriyle bağlantılı olarak üzerinde daha fazla durulması gereken kavramlardır.

3.4.1.9 Soru 25

Bu soruda IFL öğrencileri %91 oranında başarılı olduğu için genel başarı %71 gibi görünmektedir. Diğer liselerdeki öğrencilerin %25’lik bir kısmı doğru seçeneğin c olduğunu düşünmüştür. Bu seçeneği doğru görmek için de lamba parlaklıklarının lamba içinden geçen akıma bağlı olduğunu kesin olarak bilmiyor olmaları gerekir.

3.4.1.10 Soru 26

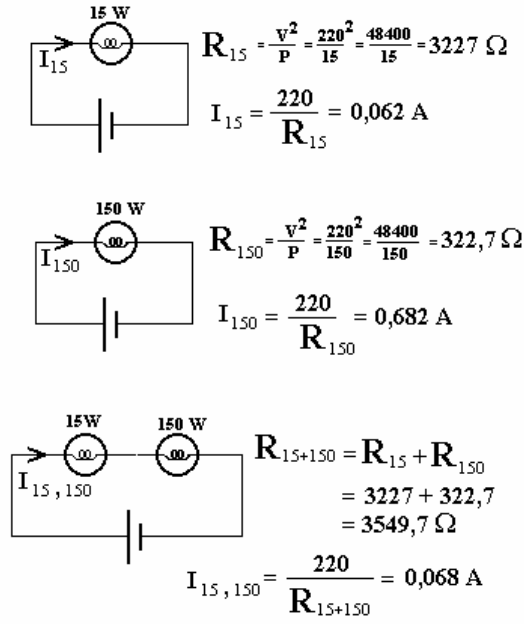
Elektrik alanın vektörel bir nicelik olduğu, bunun yanında, vektörlerin bileşkesinin en büyük olması için birbirine paralel olması gerektiği gibi kavramlar yerleşmediği için doğru cevap b’nin dışındaki seçenekler de yüksek oranlarda seçilmiş durumdadır. Örneğin, genel olarak %27 oranında “Kütleler büyütülüp, yükler artırılmalı” düşüncesinde olanlar, bu işlemin sonucunda bileşke elektrik alanın daha da küçülme olasılığını düşünememektedirler. Çünkü, herhangi bir kütle artışına karşılık yüklerin de ona uygun oranda artırılacağına dair bir garanti yoktur. Dolayısıyla, “kesinlikle” sözcüğünün önemi göz ardı edilmektedir.

3.4.1.11 Soru 27

Potansiyelin skaler bir nicelik olduğu ve skaler niceliklerini özellikleri konusunda yeterli kavrayışların sağlanmamış olması nedeniyle, bu soruda genel başarı IFL öğrencilerinin %90’lık başarısı sayesinde, ancak %39 olabilmıştır. E seçeneğinin seçilmesi bir vektörel işlem yapılma olasılığını düşündürmektedir. Yani, potansiyelin skaler mi yoksak vektörel mi olduğu konusunda öğrencilerde belirsizlikler söz konusudur.

3.4.1.12 Soru 34

Bu soruda lambaların seri olarak bağlanması durumunda her iki lambadan aynı şiddette geçecek olan akım, 15 W’lık lambanın için tek başına bağlı olduğunda geçen akımla yaklaşık olarak aynıdır. Dolayısıyla 15 W’lık lamba normale yakın ışık verebilir. Oysa, seri bağlantı halinde 150 W’lık lambadan, tek başına bağlandığında içinden geçecek akımın sadece %9 u geçebileceği için ışık vermeyecektir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 KYBT 34. Sorunun çözümü.

Buna göre doğru cevap d olmasına rağmen, %4 kadar az bir oranda öğrenciler d'yi seçmişlerdir. Seri bir devrede tek başına iken yüksek akım çekecek olan 150W'lık bir lambanın, seri bağlantılı olduğu halde de yüksek akım çekerek aynı akımın 15W'lık lamba içinden de geçmesine sebep olduğunu düşünerek dolaylı, 15W'lık lambanın dayanamayıp patlayacağını düşüncesine kapılmaktadırlar. Bundan dolayı %9 oranında a seçeneğine işaretleme yapılmıştır. %34 oranında b seçeneğinin işaretlenmesi de öğrencilerde doğrudan bir mantık yürütmeye, gücü az olan lamba sönük, fazla olan lamba parlak yanar düşüncesinin yaygın olmasıyla açıklanabilir.

3.4.1.13 Soru 42

Bu soruda yüklü cisimler arasındaki kuvvetin ters-kare prensibiyle uygulandığı düşüncesinin öğrencilerde yetersiz olduğu görünmektedir. Coulomb kuvvetinin uzaklıkla doğru orantılı olduğunu gösteren yanılğı genel olarak öğrencilerin üçte birine hakimdir.

3.4.2 Bulguların Karşılaştırılması

Tablo 3.1, Cohen vd. (1983) tarafından yapılan araştırmanın çoktan seçmeli soruları üzerinde örnekleme yer alan çeşitli grupların ortalama performanslarını yansıtmaktadır.

Tablo 3.1 Cohen vd. (1983) tarafından yapılan çalışmadaki çoktan seçmeli sorularda toplam puan dağılımı.

<u>Grup</u>	<u>N</u>	<u>Ortalama Puan</u>	<u>Standart Sapma</u>
Öğrenciler (tamamı)	145	38.2	20.9
12nci sınıf	96	39.4	22.3
11nci	22	26.0	17.9
Yetenekli	27	43.8	14.5
Öğretmenler	21	51.5	25.6

Bu bölüm, Cohen vd. (1983)'ne göre genel olarak öğretmenler de dahil olmak üzere bütün gruplar için zor olmuştur. Yetenekli öğrencilerin daha yetersiz alt yapılarına karşın göreceli olarak yüksek başarılarına dikkat edilmesi gerekir. Bu sonuç, onların nitel düşünme konusunda ortalama öğrencilerden daha yetenekli olduğunu göstermektedir. Ancak, onların da yanlış cevap dağılımları düzenli öğrencilere benzemektedir. Öğretmenlerin ortalama performansları oldukça düşük olsa da, Tablo 3.2'de gösterilen doğru cevap dağılımları öğrencilerinkinden oldukça farklıdır. Öğrenciler arasında %25'i altı veya daha fazla soruyu doğru olarak cevaplarken öğretmenlerde bu oran %67'dir. Yine de öğretmenlerin üçte biri dörtten fazla soruyu cevaplamaamıştır. Çoktan seçmeli testte her bir cevabı seçme yüzdeleri Tablo 3.2'de verilmektedir. Tablo 3.2'nin "Soru No" sütununda yer alan ilk numaralar Cohen vd. (1983) tarafından yapılan çalışmanın testinde yer alan soru numarasına bu çalışmada karşılık gelen soru numarasıdır. Aynı şekilde seçenekler sütununda yer alan yüzdeler Cohen vd. (1983)'nin sırasıyla öğrenci ve öğretmen oranları olup, bu çalışmanın test sonuçları ile karşılaştırılmaktadır. Koyu ve büyük fontlarla yazılan oranlar doğru cevabı temsil etmektedir.

Tablo 3.2 Cohen vd. (1983) tarafından yapılan çalışma sonuçlarıyla KYBT sonuçlarının karşılaştırılması.

Soru No	A		B		C		D		E		(boş)	
	C	KYBT	Cs(Ct)	KYBT	Cs(Ct)	KYBT	Cs(Ct)	KYBT	Cs(Ct)	KYBT		Cs(Ct)
33	1	3	26(5)	9	20(24)	64	30(52)	1	7(5)	10	17(14)	12
34	2	9	13(0)	34	29(38)	11	25(20)	26	33(42)	2		17
35	3	14	29(5)	39	45(29)	9	20(48)	21	10(4)	3		14
36	4	36	35(2)	31	35(10)	4	24(47)	5	6(22)	7		17
	5		22(10)		6(14)		72(76)					
37	6	3	25(28)	7	15(0)	56	31(43)	15	29(29)	6		14
38	7	3	9(5)	62	56(80)	6	11(5)	8	24(10)	1		21
	8		18(5)		9(0)		35(24)		38(71)			
39	9	10	9(5)	3	4(5)	7	32(28)	35	55(62)	15		31
40	10	25	50(28)	24	32(48)	18	18(24)	7		1		24
Cs: Cohen vd. (1983) öğrenci sonuçları, (Ct): Cohen vd. (1983) (öğretmen) sonuçları												

Bu bilgiler, karşılaştırılması yapılan Cohen vd. (1983)'ne ait çalışmanın kapsamı çerçevesinde merkezi öneme sahiptir. Çünkü, çoktan seçmeli sorulara verilen her cevap elektrik devreleriyle ilgili özel bir kavramı temsil etmektedir. Bu noktayı gözler önüne sermek için Soru 1'i ele alalım (Tablo 3.2'ye bakınız). Öğrencilerin yaklaşık dörtte biri (a)'yı seçmiştir. (devredeki akım sabit, akım kaynağı). Başka bir dörtte birlik kısım lokal bir yaklaşımın göstergesi olan (M ve N arasında direnç kaldırılıyor, fakat voltaj sabit) (b) ya da (d)'yi seçmiştir. Öğrencilerin yarısı (c) veya (e)'yi seçmiştir. Toplam direnç düştüğü için toplam akım yükselmelidir (buraya kadar iyi). Fakat bu öğrencilerin üçte biri $V=RI$ bağıntısının yanlış bir uygulamasını gösteren (e)'yi seçmiştir. Cohen vd. (1983)'ne ait çalışmanın 1. sorusu KYBT 33. soruya karşılık gelmektedir. Her iki çalışma için yanlış olan e seçeneği ve doğru olan c seçeneği, diğer seçeneklerden daha fazla yakınlık içinde görülmektedir.

Potansiyel Fark'ın anlamı; $V=RI$ ". Öğrencilerin, potansiyel farkın formül tanımını bildiklerinin göstergesi olarak, yaklaşık %75 i Cohen vd. (1983)'ne ait çalışmanın 5. sorusunda doğru cevabı işaretlemişlerdir. Bundan başka, basit bir durum için (Soru 7), yaklaşık %60 doğru cevabı vermiştir. KYBT için bu oran %56'dır. ($V=RI$ 'da $R=0$ 'dan dolayı $V=0$ olur). Ancak, biraz daha net olmayan durumlarda, öğrencilerin bir çoğu $V=RI$ 'yı kullanarak ve yanlış ilişkilendirerek cevap vermiştir. Soru 4'te öğrencilerin %35'i (b)'yi seçmiştir ($I=0$ 'dan $V=0$ olur). KYBT için bu oran %31 olup karşılaştırılması yapılan çalışmayla doğru cevabın seçilmesi açısından da yakınlık göstermektedir. Cohen vd. (1983)'ne göre, ilginç şekilde bu öğrencilerin yaklaşık %80'i muhtemelen aynı nedenden dolayı kendi çalışmalarında 3. soruda (b)'yi seçmiştir. "Dinamik" durumlarda da, yani, bir devreye bir eleman eklenip çıkartıldığı zaman, öğrenci $V=RI$ 'yi yanlış kullanmıştır. Soru 10'da, öğrencilerin yarısı (ve öğretmenlerin %28'si) (a)'yı seçmiştir. ($I_1>I$ olduğundan $V_1>V$ olmalıdır.) Mantığını bu şekilde kullanan öğrenciler, ya dış dirençteki değişimi dikkate almıyorlar yada iç direnç kavramını yanlış anlamışlardır. Bu özel durumda, şekilde çizilen voltmetrenin bağlanma tarzı bir başka kavram yanılgısı kaynağı olabilir ve belki de öğrencilerin %18'inin (c)'yi seçmesini açıklayabilir.

Akımın birincil kavram olması; üretcin sabit bir akım vermesi." Öğrencilerin yaklaşık üçte biri üreteç tarafından sağlanan akım dış devre değiştirilince de değişmez kavramına göre işlem yapmaktadırlar. Daha önce Soru 1'deki (a) seçeneğinden bahsedilmişti. Benzer düşünceler öğrencilerin yaklaşık dörtte birinin 3. soruda (a)'yı seçmesini açıklamaktadır. Soru 4'te durum Soru 3'tekine bir şekilde benzemektedir. Burada, öğrencilerin üçte biri doğru cevap olan (a) seçeneğini seçmiştir. Ancak, bu öğrencilerin yarıdan fazlası doğru cevaba muhtemelen yanlış düşüncelerle ulaşmış olabilir. Çünkü, Soru 3'te (a)'yı da seçmişlerdir. Öğrencilerden birisiyle yapılan görüşmeden alınan aşağıdaki alıntı durumu gözler önüne sermektedir. 3. soruyu tartışırken, öğrenci "(a) doğrudur. N çıkarıldığı zaman, önceden ana kolda akan akım şimdi M den akar, dolayısıyla M daha güçlü yanar" demiştir. 4. soruya geçildiği zaman, bu öğrenci aynı iddiayı tekrarlayarak (a)'yı seçmiştir.

Cohen vd. (1983)'ne göre, diğer öğrenciler tarafından da 3. ve 4. soru için bu özdeş (ve yanlış) mantık fenomeni tekrarlanmıştır. 3. ve 4. sorunun her ikisinde de (a)'yı seçmelerindeki iddialarını güçlendirmek için görüşme yapılan öğrencilerden birisi; "bir üretece paralel bağlı iki lambanın parlaklıklarının, aynı üretece tek başına bağlı olduklarındaki parlaklıktan daha zayıf olduğunu deneylerden biliyorum" demektedir. Açıkça görüldüğü üzere bu öğrenci deneysel gözlemi yanlış yorumlamaktadır.

6. soruda yine aynı düşünce yapısı öğrencilerin yarıdan fazlasının (a) veya (d) yi seçmelerine neden olmuştur. Bunun yanında Soru 1’i doğru cevaplayan (dolayısıyla “sabit akım” kavramıyla kısıtlamadığı sanılabilecek) öğrenciler arasında bile %40’ı (a) veya (b)’yi seçmiştir. Farklı durumları analiz etmedeki bu tutarsızlık, öğrencilerin zihninde bazı kavramların oldukça değişken ve bir durumda verilen doğru cevabın bile doğru bir anlamının kesin kanıtı olmadığına göstergesidir. Benzer bir tablo öğrencilerin üçte birinin (c)’yi seçtiği 9. soruda da elde edilmiştir. Bunların içine Soru 1’deki (a)’yı (aynı “sabit akım” kavramı) seçen, ve yine tutarsız düşüncenin göstergesi olarak 1. soruyu doğru cevaplayanlar da dahildir.

Aynı kavram (“sabit akım”) 8. soruda öğrencilerin üçte birinin (c)’yi seçmelerine neden olmuştur. %18’lik diğer bir kısım muhtemelen bu bakış açısıyla önceki (I sabit ve $V=IR$) kavramını birleştirmiş ve sonuçta (a)’yı seçmiştir.

Bir Elektrik Devresinde Güç: Soru 2’yi öğrencilerin sadece üçte biri doğru cevaplamıştır. Bu oran KYBT’de daha düşük olup %26’dır. Cohen vd. (1983)’nin çalışmasında öğrencilerin %29’u “biraz akımın” (güç?) “elde edilebilir” olduğunu ve 150W’lık lambanın güçlü yanacağını sanmış olabilir. Çünkü 150 W’lık lamba 15 W’lıktan on kat fazla “harcar”. KYBT için (b) seçeneği yanlış olduğu halde %34 oranında işaretlenmiştir. Öğrencilerin %25’i direncin bir engel olduğu kavramından izler taşıyan (c)’yi seçmişlerdir. Öğrenciler bütün ev aletlerinin paralel bağlantı halinde olduğunu düşünmektedir; dolayısıyla, iki lambayı seri bağlamanın her ikisinin de çok fazla zayıflatacağı yorumunu yapmaktadır.

İç direnç, başka bir problemlili kavramdır. Soru 7’de öğrencilerin üçte biri (c) veya (d)’yi seçmiştir. Bu, iç direncin varlığını göz ardı etmeye eşdeğerdir. Bundan başka, soru 10’da öğrencilerin yarısı (a)’yı seçmiştir. Bu özel durumda, “ $V=RI$ ” kavramı, iç direncin devrenin neresinde olduğunun yanlış anlaşılmasıyla birleşerek (a)’nın seçilmesine sebep olmaktadır. Karşılaştırılması yapılan çalışmanın KYBT’de karşılık gelen 40. sorusunda (a) seçeneğine işaretleme oranı %25 olup en yoğun yanılgıya düşülen seçenek durumundadır.

Cohen vd. (1983)’nin yaptığı çalışma sonuçlarıyla KYBT sonuçları her soru için bire bir benzerlik içinde olmamakla birlikte genel olarak birbirine yakın kavram yanılgılarını göstermektedir.

4. SONUÇ

Öğretmenler, sadece öğrencilerin kavramlarını ve özelliklerinin önemini bilmekle yetinmemelidirler. İleriki aşamalarda bu kavramların muhtemel gelişimlerini çok daha iyi bilmeleri gerekir. Bunun yanında kavramların özellikle dirençli olanlarından bazılarının esas temeline ve bunların aşılması yoluna bağlı olarak gelecekteki muhtemel etkilerine dikkat etmeleri gerekmektedir.

Özellikle elektrik devreleri söz konusu olduğunda, öğrencilere verilen bir problem tipinin uzantısı yardımıyla önemli gelişmeler sağlanabilir. Dolayısıyla, akım mantığıyla birleştirilmiş potansiyel fark mantığına daha fazla önem verilmesi, öğrencilerin esasen kullandığı kavramsal alanı genişletme ve onlara daha güçlü kavramsal yapılanma fırsatı verecektir.

Elektrik konularının iyi anlaşılması için, öğrencilerin önceki dönemlerde görmek durumunda oldukları mekanik konularını da iyi anlamaları gerekir. Örneğin Newton'un 3. kanununun yeterince kavranmamış olması etki-tepki ilkesinin uygulanacağı her problemde zorluk çıkarmaktadır. Öğrenciler, potansiyelin skaler mi yoksa vektörel mi olduğu konusunda net düşünemediği, KYBT'de yer alan ilgili test sorusu sonucundan çıkarılabilmektedir. Elektrik alanın vektörel bir nicelik olduğu, bunun yanında, vektörlerin bileşkesinin en büyük olması için birbirine paralel olması gerektiği gibi kavramlar yerleşmediği için doğru cevap dışındaki seçenekler de yüksek oranlarda seçilmiş durumdadır. Ayrıca, yüklü cisimler arasındaki kuvvetin ters-kare prensibiyle uygulandığı düşüncesinin öğrencilerde yetersiz olduğu görülmektedir

Fredette ve Lockhead (1980)'e göre, eğer bir kimse doğru akım elektrik devreleri için, devre modelini yeterince özümsemiş ise, adına "içinden geçme" şartı denilen özelliğin hatırlanması gerekir. Yani her ne zaman bir eleman ister bir bütün devrenin parçası olsun ister devreye sonradan eklensin, o cihaz bir "giriş" ve "çıkış" içermesi gerekir. Bunun yanında eğer bir cihaz içinden geçmesi için bir iletim yolu sağlıyorsa, o zaman o cihaz devrenin bir parçası olarak düşünülmelidir. Fredette ve Lockhead (1980) tarafından yapılan klinik görüşme ve grup araştırması verileri, bir çok öğrencinin sözü edilen içinden geçme işlemini açıkça anlamaksızın lise seviyesindeki temel fizik derslerine başladığını göstermektedir. Bu kavrama özel önem verilmesi gerekir.

Eğitmciler, özellikle matematik ve fen alanında problem çözme becerilerinin gelişmesine büyük önem vermektedirler. Problem çözme metodunun kullanılıp kullanılmaması konusunda

karşıt görüşe sahip olanlar azdır. Ancak, hangi problemin çözülebileceği ve nasıl çözüleceğini konusunda karşıt görüşler vardır.

Öğrencilerin problemleri çözerken hafızalarındaki ortaya çıkarmaya çalışmak yerine problem çözerken ne yaptıklarını anlayabilme becerilerini kazanmaları gerekir. Herhangi bir durumda, bir problemin sayısal çözümü o cevabın ne anlama geldiğine yönelik kavramsal ve ilişkilendirici bir takım bilgiler olmadığı sürece yarar sağlamaz. Örneğin, öğrencilerin kimyada bir titrasyon problemi çözüp de cevabının 32 ml olduğunu bulmakla tatmin olmaları gerekir. “32 ml nedir?” sorusunu derhal cevaplayabilmeleri gerekir. Benzer şekilde $3,2 \times 10^{-4}$ C şeklindeki sayısal cevapları hakkında bir şeyler söylemeleri beklenmelidir. Bu alışkanlığın kazandırılabilmesi için fiziğin gündelik hayata olan uzantılarının çeşitli örnekleri yerinde ve yeterince kullanarak gösterilmesi gerekir.

Matematik ve fen bilgisi öğretiminde (diğer alanlarda da) birincil amacın “anlama” olduğu genelde kabul edilmektedir. Ancak, geleneksel sınıf içi anlatımla nitel anlamayı öğretmek oldukça zordur. Hele kısa bir dönemde mümkün olmadığı açıktır. Üniversitelerde fizik dersinin kalabalık sınıflara verilirken devam zorunluluğu çok fazla olmadığı için, öğrenciler bu dersleri mekanikleşmiş problem çözümü yoluyla düşünmektedirler. Bu öğrenciler benzer şekilde, sınırlı bir zaman diliminde doğru sayısal cevaba ulaşabilme yeteneğini ölçen çoktan seçmeli testlerle test edilmektedir. Fizik dersleri hakkında konuşurlarken hocanın sürekli “şu kanun, bu kanun, şu olay, bu olay” dan başka bir şey söylememesi öğrencilerin “dersten sıkılıyorum, her şey matematikle gösteriliyor, hiç resim, şekil yok” şeklinde yakınmalarına neden olmaktadır. Bunlardan hiç biri nitel düşünmeye veya problemi kavramsallaştırmaya katkıda bulunamaz. Nitel düşünme ve problemi kavramsallaştırma önemlidir. Öğrencilerin matematik ve fen bilgisinde nicel düşünmenin yanında nitel olarak da düşünebilmesi gerekmektedir. Bu noktada “bu nasıl sağlanabilir?” sorusu sorulmaktadır. Eğitimcilerin bütün durumların nicel ve nitel bileşenlerine daha fazla önem vermesi, öğretmenlerin bu davranışı bilinçli şekilde modellemeleri gerekir. Nicel ve nitel olarak en fazla kavrama, yalnızca bütün durumların hem nicel hem de nitel bileşenlerinin içtenlikle ve tutarlı olarak temsil edilmesiyle mümkün olabilir (McMillan ve Swadener, 1991).

Öğrencilerin elektrik devrelerini analiz ederken potansiyel farktan çok akıma öncelik verdiği ortaya çıkmaktadır. Bu kavramın çeşitli açıklamaları olabilir. Sebeplerden birisi, öğrencilerin çoğunluğunun elektrik devrelerini küçük yaşlarda bazı programlarda öğrenmiş olmaları olabilir. Bu programların hepsi için geçerli olmak üzere, daha kesin ve önsezisel olan akıma potansiyel farktan daha fazla önem verilmektedir. Genelde böyle programlar, potansiyel farka,

akım akışının nedeni olması şeklinde vurgulama yapmaktadır. Evans (1978), temel elektriği “üreteç ve lambalarla” öğretme için ilginç bir yaklaşımı tarif etmektedir. Yaklaşımının dikkat çeken bir özelliği, potansiyel farkın daha geç aşamalarda $V=RI$ 'yı tanımlayarak verilmesidir. Böyle bir yaklaşım Evans (1978)'in tarifindeki gibi temel derslerde sınırlı bir çerçevede başarılı olabilirken, aynı zamanda, burada tartışılan türde sonradan ortaya çıkacak kavram yanılgılarının çekirdeği de olabilir.

Akıma yapılp da potansiyel farka yapılmayan bu vurgunun başka bir nedeni, müfredatların yüksek düzeyde olma özelliği olabilir. Bu müfredatlar, potansiyel farkla akım arasındaki sebep sonuç ilişkisini açık açık dile getirmemektedir. Bir başka çıkar yol, kaynağın sadece bir enerji sağlayıcı değil aynı zamanda belirli bir “basınç” la yükleri “pompa” laması olarak yarı nitel modeller ve benzetimlerle öğretilmesi olabilir. Bu noktada, akım ve potansiyelin müfredat içinde verilme sırasının, akımı kullanma tercihini açıklayıp açıklayamayacağı sorusu ile karşılaşılmaktadır. Bazı müfredat programlarında, akım ilk önce verilir ve dolayısıyla, öğrencilerin zihninde merkezi kavram olarak kalabilir.

Cohen vd. (1983) tarafından tamamı fizik alanından mezun öğretmenler arasında yapılan araştırmadan elde edilen bulgular, kavramsal zorlukların ileri fizik çalışmaları yapılsa bile aşılamadığını göstermektedir. Dolayısıyla, bu zorlukların üniversitedeki derslerde de hesaba katılması gerekir.

İçeriğe dayalı olan bilginin geleneksel olarak temsil edilmesi yerine, elektriğe girişte öğretilecek pedagojik değerde bilginin temsil edilmesi gerekir. Her şeye rağmen böyle bir işlem, müfredat tasarımcıları, öğretmen adayları ve öğretmenler cephesinde öğrencilerinin anlayabilmesine yönelik olarak, elektriği materyalleştirme ve sunma amacıyla kavramsal değişimi zorunlu hale getirebilir (Psillos, 1997).

Bir bilim merkezi ziyaretiyle, öğrenciler, elektrik ve manyetizma bilgi ve anlayışlarında çok sayıda küçük ve ayrıntıda gizli değişiklik deneyimi kazanmışlardır. Bu değişikliklerin bir çoğu, öğretmenler tarafından öğrencilerin bilgilerini ölçme yönünden tipik olarak kullanılan sınıf içi çalışmaya dayalı geleneksel araçlarla muhtemelen saptanamayacak bir yapıya sahiptir. Bazı değişiklikler, bilimle ilgili türlü türlü deneyim kazandıkları bilim merkezi ziyaretleri arkasından çok daha bariz görünmektedir. Bu bulgular, bilim merkezi ve benzeri tesisleri ziyaret eden öğrencilerin, belirlenebilir bir biçimde bilgi ve anlayışlarının değiştiğini göstermektedir (Anderson vd., 2000).

Fizik derslerinin uygulama yapılmaksızın sadece teorik olarak işlenmesi öğrencilerin anlama zorluklarına neden olmaktadır. Genel olarak soyut kavramlar içeren fizik konularının mümkün olduğunca uygulamalı olarak sunulması gerekir. Öğrencilerin konuları günlük hayatla ilişkilendirilmeleri sağlanmalıdır.

Niedderer ve Goldberg (1995)'e göre, öğretimi geliştirmek için formüle edilebilecek bazı öneriler şu şekilde sıralanabilir; Akımın parçacık modeli ve hareket konularının birleştirilerek işlenmesi öğrencilere daha anlamlı gelmesi açısından çok önemli yararlar sağlar. Dolayısıyla, anlama ve bilgi inşasını geliştirir. Basınç, öğrencilerin voltajı anlamasını yalnız başına desteklemez. Çünkü, basınçların dengesi fikri ile basınç farkları arasında çok az bir rezonans vardır. Kısa süreli düşünme (ilk anda ne olduğunun ve denge haline nasıl ulaşıldığını düşünmek) en azından öğrencilerin düşüncelerinde bazı güçlü rezonansları ve iyi sorular akla getirme fırsatı verir. Akımın tanecik modeli ve geçiş hali düşüncesiyle birleştirilerek, voltajın elektron yoğunluğu veya bir alan bakışına benzer bir biçimde gösterilmesi iyi bir fikir olur. Bir araştırma tabanı oluşturarak ve onu müfredat gelişiminin rehberliğinde kullanarak, sadece bireysel olarak değil, bunun yanı sıra mesleki açıdan da öğrencilerin fiziği anlamalarına yardım etmede ilerleme şansı artırılabilir (Shaffer ve McDermott, 1992).

Bu çalışmanın devamında yapılabilecek şüphesiz bir çok çalışma vardır. Örneğin, lise öğrencilerine uygulanan KYBT üniversite birinci sınıf öğrencilerine uygulanabilir. Testte yer alan bazı sorular öğrencilerle yüz yüze görüşülerek yöneltilebilir. Bu sayede öğrencilerin soruya cevap verirken hangi düşünce yapısını kullandıkları dahi iyi belirlenebilir. Milli Eğitim Bakanlığı'nda çalışan öğretmenlerin üniversitelerde çalışan araştırmacılarla işbirliği içerisinde fizik eğitiminde oldukça yararlı çalışmalar yapılabilir.

5. KAYNAKLAR

- Anderson, D., Lucas, K. B., Ginns, I. S., Dierking, L. D., 2000. Development of Knowledge about Electricity and Magnetism during a Visit to a Science Museum and Related Post-Visit Activities, *Sci Ed*, 84, 658–679.
- Anderson, J. R., 1983. *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Arons, A. B., 1982. Phenomenology and logical reasoning in introductory physics courses, *Am. J.Phys.* 50, 13-20.
- Bunge, M., 1973. *Method and Matter*. Dodrech, Holland: D.Reidel
- Closset, J.L., 1983. Sequential reasoning in electricity. In *Research on Physics Education, Proceedings of the First International Workshop*. June 26 to July 13, La Londes Les Maures, France, Editions du Centre National de Recherche Scientifique, Paris, 313-19.
- Cohen, R., B. Eylon, and U. Ganiel, 1993. Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts, *Am. J. Phys.*, 51, 407.
- de Kleer, J., 1977. Multiple representations of knowledge in a mechanics problem-solver, *Proceedings of the Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 299-304. San Mateo.
- Driver, R., 1989. Students' conceptions and learning of science.”, *International Journal of Science Teaching*, (11), 481-490.
- Driver, R., Rushworth, P., Wood-Robinson,V., Squires, A. (Ed), 1994. *Making sense of secondary science(Research into children's ideas)*.,
- Duit, R., Jung, W., von Rhöneck, C., 1985. *Aspects of understanding electricity*. Keil, Germany: Schmidt & Klaunig.
- Duit, R., Rhöneck, C., 1997. *Learning and Understanding Key Concepts of Electricity, Connecting Research in Physics Education with Teacher Education An I.C.P.E. Book* International Commission on Physics Education.
- Dupin, J. J., Johsua, S., 1987. Conceptions of French Pupils Concerning Electric Circuits: Structure and Evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, 24(9), 791-806.
- Evans, J., 1978. Teaching electricity with batteries and bulbs, *Phys. Teach.* 16(1), 15.
- Eylon, B., Ganiel, U., 1990. Macro-micro Relationships: The Missing Link Between Electrostatics and Electrodynamics in Students' Reasoning, *International Journal of Science Education*, 12(1), 79-94.
- Frederiksen, J., White, B., 1992. Mental models and understanding: A problem for science education. In E. Scanlon and T.O'Shea (eds), *New directions in educational technology*. NATO ASI series F, 96, 211-225.
- Fredette, M. H., Clement, J. J., 1981. Student Misconceptions of an Electric Circuit: What Do They Mean?, *J. Coll. Sci. Teach.*, 10, 280.

- Fredette, N., Lockhead, J., 1980. Student conceptions of simple circuits, *Physics Teacher*, 18, 194-198.
- Grotzer, T.A., Sudbury, M., 2000. Moving beyond underlying linear causal models of electrical circuits. Paper presented at the annual conference of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA.
- Harrington, R., 1999. Discovering the reasoning behind the words: An example from electrostatics, *Am. J. Phys.* 67, 58.
- Heller, P. M., Finley, F.N., 1992. Variable uses of alternative conceptions: A case study in current electricity, *J. Res. Sci. Teach.* 29, 259.
- Herrmann, F., 1991. Teaching the Magnetostatic Field: Problems to Avoid, *Am. J. Phys.* 59, 447.
- Hestenes, D., 1992. Modelling games in the Newtonian World. *American Journal of Physics.* 60(8), 732-748
- Hewitt, P.G., 1998. *Conceptual Physics*, 8th edition, Addison-Wesley.
- Iona, M. 1979. Teaching Electrical Resistance, *The Physics Teacher*, 17, 299.
- Johnstone, A.H., Mughol, A.R., 1978. The concept of electrical resistance, *Phys. Educ.* 13, 46.
- Johsua, S., 1984. Student's interpretation of simple electrical diagrams, *Eur. J. Sci. Educ.*, 6, 271-275.
- Larkin, J. H., 1977. Problem solving in physics (Tech. Rep.), Berkeley: University of California, Group in Science and Mathematics Education.
- Larkin, J. H., 1980. Teaching problem solving in physics: The psychological laboratory and the practical classroom. In D. T. Tuma & F. Reif (Eds.) *Problem solving and instruction: Issues in teaching and research*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum,
- Licht, P., 1991. Teaching electrical energy, voltage and current: an alternative approach. *Physics Education.* 26(5), 272-277
- Linn, R.L., 1986. Educational testing and assessment: Research needs and policy issues, *American Psychologist*, 41(10), 1153-1160.
- McDermott, L. C., Larkin, J. H., 1978. Re-representing textbook physics problems. Proceedings of the second national conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence, Toronto, Ontario.
- McDermott, L. C., Shaffer, P. S., 1992. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding, *Am. J. Phys.* 60, 994-1003.
- McDermott, L. C., van Zee, E. H., 1984. Identifying and addressing student difficulties with electric circuits. In R. Duit, W. Jung, & C. von Rhoneck (Eds.), *Aspects of*

- understanding electricity, proceedings of an international workshop. (pp. 39–48). Kiel, Germany: Verlag, Schmidt, & Klaunig
- McDermott, L. C., 1991. What we teach and what is learned: Closing the gap, *Am. J. Phys.* 63, 301.
- McMillan, C., Swadener, M., 1991. Novice use of qualitative versus quantitative problem solving in electrostatics, *J. Res. Sci. Teach.* 28(8), 661-670.
- Newell, A., Simon, H., 1972. *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Niedderer, H., Goldberg, F., 1995. Electric Circuits, Paper presented at European Conference on Research in Science Education University of Leeds
- Novak, G., 1977. Representations of knowledge in a program for solving physics problems, *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 5, 286-291.
- Osborne, R., 1983. Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technology Education* 1, 73-82.
- Pfundt, H., Duit, R., 1994. *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. 4th edition. Keil, Germany: Institute for Science Education at the University of Keil.
- Psillos, D., 1997. Section E4, Teaching Introductory Electricity from: Connecting Research in Physics Education with Teacher Education. An I.C.P.E. Book International Commission on Physics Education
- Viennot, L. 1993. Fundamental patterns in common reasoning: Examples in Physics. In P. L. Lijnse (ed.), *European Research in Science Education: Proceedings of the First PhD Summerschool*, 33-47.
- Rainson, S., Tranströmer, G., Viennot, L., 1994. Students' understanding of superposition of electric fields, *Am. J. Phys.*, 62, 1026-1032.
- Rhöneck, C., 1983. Semantics Structures describing the electric circuit before and after instruction. *International Summer Work-shop: Research on Physics Education*. La Londe les Maures. Francia.
- Ronen, M., Eliahu, M., 2000. Simulation - a Bridge Between Theory and Reality: the Case of Electric Circuits, *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, 14-26.
- Schwedes, H., 1995. Teaching with Analogies. In Psillos D. (Ed) *Proceedings of the second PhD Summerschool on European Research in Science Education*, Thessaloniki, Art and Text.
- Scott, P.,H., Asoko, H. M., Driver, R. H., 1993. Teaching for conceptual change: A review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg and H. Niedderer (eds) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*, Proceedings of an International Workshop, 310-329. Kiel, IPN.

- Sencar, S., Eryılmaz, A., 2002. Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin basit elektrik devreleri konusuna ilişkin kavram yanılgıları, V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, 16-18 Eylül 2002, ODTÜ
- Shaffer, P. S., McDermott, L. C., 1992. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies," *Am. J. Phys.* 60, 1003-1013.
- Shipstone, D. M, Von Rhöneck, C., Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J. J., Joshua, S. and Licht, P. 1988. A study of students' understanding of electricity in five European countries, *International Journal of Science Education*. 10(3), 303-316.
- Shipstone, D. M., 1984. A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits, *European Journal of Science Education*, 6(2), 185-198.
- Shipstone, D.M., Jung, W. Dupin, J.J., 1988. A study of students' understanding of electricity in five European countries, *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316.
- Simon, D., Simon, H., 1978. Individual differences in solving physics problems. R.S. Seigler, editor, *Childrens' Thinking: What Develops?* Lawrence Earlbaum Associates, Hillsdale, N.J.
- Stocklmayer S., Treagust D., 1994. A Historical Analysis of Electric Currents in Textbooks: A Century of Influence on Physics Education. *Science & Education* 3, 131-154.
- Thiberghien, A., Delacote, G., 1976. Manipulations de Circuits Electriques Simple pas des Enfants de 7 a 12 ans, *Revue Francaise de Pedagogie* 34, 32.
- Tiberghien, A., 1983. Critical review of the research aimed at elucidating the sense that notions of temperature and heat have for students aged 10 to 16 years, *Proceedings of the first international workshop research on physics education*, 73-90. Paris.
- Tiberghien, A., Delacôte, G., 1976. Manipulation et representations de circuits electrique simples chez des enfants de 7 à 12 ans. *Review Francaise de Pédagogie* 34, 32-44.
- Tiberghien, A., Psillos, D., Koumaras, P., 1995. Physics Instruction from Epistemological and Didactical Bases, *Instructional Science*, 1-22
- Tobin, K., Ed. 1993. *The practice of constructivism in science education*. Washington, DC: AAAS Press.
- Törnkqvist, S., Pettersson, K.A., Tranströmer, G., 1993. Confusion by representation: On student's comprehension of the electric field concept, *Am. J. Phys.*, 61, 335-338.
- van de Berg, Grosheid, W., 1993. Electricity at home: Remediating alternative conceptions through redefining goals and concept sequences and using auxiliary concepts and analogies in 9th grade electricity education. In: Novak, J. (ed.): *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Ithaca, N.Y. Cornell Univ.

- Virginie Albe, V., Venturini, P., Lascours, J., 2001. Electromagnetic Concepts in Mathematical Representation of Physics, *Journal of Science Education and Technology*,10(2), 197-203.
- Vosniadou, S., 1994. Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4, 45-69.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet UZUNKAVAK
Doğum Yeri : Antalya
Doğum Yılı : 1972
Medeni Hali : Evli-1Ç

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1985-1988 Isparta Gazi Lisesi
Lisans : 1988-1994 ODTÜ Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği Bölümü
Y. Lisans : 1995-1998 SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik ABD
Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi :

1994-1995 Milli Eğitim Bakanlığı Yozgat Anadolu Lisesi Fizik Öğretmeni
1995-2000 SDÜ Burdur Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümü
Araştırma Görevliliği
2000-..... SDÜ Teknik Eğitim Fakültesi Elek-Bilg. Bölümü Öğretim
Görevliliği