

Akım Geçiren Basit Bir Elektrik Devresinde Neler Olduğu Konusunda Öğrenci Görüşleri

Kemal YÜRÜMEZOĞLU¹, Aytekin ÇÖKELEZ² 

¹ Yrd.Doç.Dr., Muğla Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Muğla-Türkiye

² Yrd.Doç.Dr., Ondokuzmayıs Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi ABD, Samsun-Türkiye

Alındı: 26.03.2009

Düzeltildi: 19.10.2009

Kabul Edildi: 21.12.2009

Original Yayın Dili Türkçedir (v.7, n.3, Eylül 2010, ss.147-166)

ÖZET

Bu çalışma, ilköğretim ikinci kademe öğrencilerinin yeni fen ve teknoloji programı çerçevesinde, iletken tel, bir ampul ve bir pil ile kurulan “Basit bir elektrik devresinde neler oluyor?” sorusuna cevap aramak için tasarlanmıştır. Burada amaç öğrencilerin algıladıkları ile zihinde kurguladıkları arasında ilişkileri basit bir elektrik devresi örneği ile ortaya koymaktır. Çalışma Samsun ilinde iki okulda 6. (n:163), 7. (n:119) ve 8. (n:146) sınıf öğrencilerinden oluşan toplam 428 kişilik örnekleme gerçekleştirilmiştir. Çalışmada nitel veri analiziyle elde edilen bulgulardaki ortak eğilim şöyle özetlenebilir: Öğrencilerin aynı anda gerçekleşen olayları/olguları yorumlamada güçlük yaşadıkları, bir kavramı diğeri yerine kolaylıkla kullanabildiği, gözlemlenemeyen olgular için bilimsel modeller yerine zihinsel modelleri tercih ettikleri ve bunun sonucunda öğrencilerin zihinlerinde karmaşık ve bağlantıları kopuk bir enerji-elektrik yapılanmasının varlığı ortaya koyulmuştur. Çalışma, basit yerine temel elektrik devresi fikri, enerji-elektrik kavramsal ilişkilerinin çözümlenmesi ve özellikle gözlemlenemeyen olguların doğru bilimsel modellerle desteklenmesini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Fen Eğitimi; Elektrik; Elektrik Devresi; Akım; Enerji; Model; Zihinsel Model.

GİRİŞ

“Basit bir elektrik devresinde neler oluyor?” sorusu iki boyutta ele alınması gereken bir sorudur. Bir tarafta bu elektrik devresinde (pilde, telde ve lambada) fiziksel ve kimyasal olarak olgusal düzeyde neler olduğu, diğer tarafta ise burada olup bitenlerin öğrencilerin zihninde nasıl algılandığıdır. Söz konusu deney farklı branşlarda Harvard üniversitesinde diploma almaya hak kazanmış öğrencilere mezuniyet töreni günü sorulmuş, oldukça şaşırtıcı cevaplarla karşılaşılmıştır (Schenps & Sadler, 2003). Öğrencilerle yapılan görüşmelerde kuramsal olarak bir pil, bir iletken tel ve bir de ampul kullanarak basit bir elektrik devresi



kurulup kurulamayacağı ve ampulün yanıp yanmayacağı sorulmuştur. Görüşmeye katılan öğrencilerin tamamına yakını bu devre elemanları ile bu basit elektrik devresinin çalıştırılabileceğini ve lambanın yanabileceği söylemiştir. Fakat uygulama/pratik aşamasına gelindiğinde ise öğrencilerin önemli bir kısmının devreyi kuramadığı ya da ampülü yakamadığı gözlemlenmiştir. Bu örnek, adı basit olarak algılanan şeylerin aslında sanıldığı gibi basit olmadığı daha çok temel olduğuna işaret etmektedir. Etrafımızda elektriğin ve onunla çalışan aletlerin farklı uygulamaları ile karşı karşıyayız. Fakat gerçekte herhangi bir elektrik devresinde basit ya da karmaşık neler oluyor sorusunu cevaplamak kuramsal anlamda iyi bir fizik/fen bilgisi gerektirir. Basit bir elektrik devresinde olup bitenlerin özünde enerjinin kablo yardımıyla pilden ampule taşınması vardır. Bu devrede enerji taşıma formatı elektrik (elektriksel iş) ile gerçekleşir. Burada hangi yaşta öğrenci grubu olursa olsun, enerji kaynağı (pil), iletken (tel) ve dönüştürücünün (ampul) işlevlerinin bilinmesi temeldir.

Elektriğin öğrenilmesi kavramsal ve uygulama boyutunda bir dizi bilgi ve beceriyi öğrenmeyi gerektirmekle birlikte, özellikle algılanamayan ya da gözlemlenemeyen boyutta olup bitenlerin, olayın bütünü kavramada önemi büyüktür. Bu araştırmanın ilgilendiği alanlardan birisi de bu boyuttur. Elektrik devresinde ampul yandığında, akım geçen iletken tel içinde neler oluyor sorusuna öğrenciler tarafından verilen cevaplar, öğrencilerin bu boyutu zihinlerinde nasıl kurguladıkları hakkında fikir verecektir. Olgusal düzeyde devrede olup bitenler ile bunların zihinde nasıl kurgulandığı arasındaki bağlar ortaya koyulduğunda, sağlam bir elektrik bilgisi temeli oluşturabilecek öğretim etkinliklerinin nasıl hazırlanabileceği konusunda güvenilir ipuçları elde edilebilecektir.

Çalışmanın kuramsal çerçevesi iki başlık altında ele alınacaktır. İlk olarak olgusal düzeyde bir elektrik devresinde neler olduğunun çözümlenmesi için elektrik ve enerji arasındaki bağlar ortaya konulacaktır. İkinci olarak bilimsel ve zihinsel modeller yardımıyla öğrencilerin zihinlerinde bu olgusal boyutta olanların yansımaları ele alınacaktır.

1. Alanyazın taraması

a) Elektrik ve enerjiyle ilgili kavramlar

Elektrik konusu ilköğretim 4. sınıftan 8. sınıfa kadar tüm sınıfların programlarında yer alan merkezi konulardan biridir. Buna karşılık öğrencilerin bilişsel yapısında, bu konudaki temel kavramların öğrenilmesine karşı doğal bir zorluk vardır (Shipstone ve diğ., 1988). Elektrikle ilgili teknolojilerin günlük yaşamımızda çok önemli bir yer tutması nedeniyle öğrenciler örgün eğitim öncesinde de bu konuyla ilgili ön bilgi ve deneyimlere sahiptir ve bu konunun öğrenilmesi için bu ön bilgi ve deneyimleri temel alırlar (Lee & Law, 2001). Buna karşılık, bu konuyla ilgili günlük yaşamda kullanılan terminolojinin bilimsel çerçeveden uzak olması, elektrik, akım ve enerji gibi temel kavramların karıştırılmasına neden olmaktadır (Psillos, 1997; Borges & Gilbert, 1999; Chen & Kwen, 2005).

Elektrik kavramı, elektrik akımı ve elektrik enerjisi kavramlarıyla çok yakından ilişkilidir. Kavramlar günlük dilde birbirinin yerine kolaylıkla kullanılmasına karşın bilimsel olarak aralarında belirgin farklılıklar vardır. Bu kavramlar arasında sistemli bir kavramsallaştırma sürecinin kendini göstermesi sistemli ve bilimsel bir öğretim süreci ile mümkündür. En büyük zorluklardan birisi günlük yaşamımızdan okuldaki öğrenme ortamına aktarılan yanlış algılamalar ve kavramsal yanılgılardır.

Elektrik kavramını anlamak için öncelikle işe enerjiden başlamak gerekir. Enerji, tanımlanması zor olmakla birlikte kavramsallaştırılması diğer kavramlara göre daha kolaydır/doğrudur. Okulda ve okul dışı kavramlar arasında yer alan enerji, mikroskobik ya da makroskobik ölçekte bir hareketin varlığında ortaya çıkar (Balian, 2001, s.3). Enerji kavramı, bilimsel olsun ya da olmasın, merkezde yer alır. Bu yüzden elektrik kavramını öğrenmede enerji önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Bu cümle şöyle dile getirilebilir: Doğada enerji

yoktan var olmaz, yalnız bir formdan başka bir forma dönüşür. Bu dönüşümler; ısı, ışık, iş, ses ve maddesel dalga (Su dalgası örneği) formunda olmaktadır. Bu bağlamda elektrik, elektrik akımı ve elektrik enerjisi tanımlarını ele alırsak, elektrik enerjinin (iş'in) bir formudur. Enerji iş formuyla (elektrikle) bir yerden bir yere taşınır. Öte yandan elektrik akımı ise iletken içinde iş'in yapılmasını sağlayan şeydir. Bu da bir iletkende yüklerin toplam yer değiştirmesinden başka bir şey değildir. Son olarak elektrik enerjisi ise bir iletkende enerji transferini sağlayan yüklerin toplam enerjisidir (La main à la pête: Energie, 1998).

“Elektrik az kullanılarak enerji tasarruf edilir” (Aksanaklu, 2008). Bu cümle elektrik ile enerji ilişkisini anlamak bakımından önemlidir. Burada doğru bir kavramsallaştırma sürecinden sonra iki kavram arasında ilişki kurulmuştur. Diğer yandan elektrik çok fazla miktarda depolanamazken enerji depolanabilir. Çünkü enerji iletimi, iletimin türü ve iletimi gerçekleştiren parçacığın kapasitesi ile sınırlıdır. Örneğin bir iletken içerisinde yük transferini sağlayan yüklerin sayısı ve kapasitesi sınırlıdır. Bu yüzden belirli bir miktarın üzerinde enerji taşınmasına izin vermezler. Fakat aktarım söz konusu olmadığında, enerji madde içerisinde iç enerji olarak yüksek miktarlarda depolanabilir. Atom çekirdekleri, kimyasal bağlarda depolanan enerji bunlara örnek olarak verilebilir

b) Basit elektrik devresi konusunda öğrenci görüşleri

Basit bir elektrik devresi ile ilgili alanyazın tarandığında, öğrencilerin akım, akım kaynağı, iletim, yük, gerilim vb. kavramlar hakkında birtakım görüşlere ve kavram yanlışlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu görüşler ve kavram yanlışları aşağıda başlıklar halinde sıralanmıştır:

Öğrenciler *elektrik akımının üretimi ve tüketimi* konusunda birtakım kavram yanlışlarına sahiptir. Bunların bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz: Elektrik akımı, metal içinde proton bırakan atomlar tarafından (de Posada, 1997) veya elektrik ileten elementlerde, atomlar tarafından üretilir. Hareket eden bir şey yoktur, yalnızca atomlar elektrik yükü kazanır (Cosgrove, 1995). Pilden çıkan akımın bir kısmı veya tamamı devre elemanları tarafından tüketilir (Dupin & Johsua, 1987; Shipstone ve diğ., 1988; Heller & Finely, 1992; Duit & Rhöneck, 1997; Summers ve diğ., 1998; Pardhan & Bano, 2001; Periago & Bohigas, 2005).

Öğrenciler *elektrik akımını* da farklı şekillerde tanımlayabilmektedirler. Elektrik akımı devrenin pozitif kablosu (Borges & Gilbert, 1999), devredeki enerji akışı (Heller & Finely, 1992) ya da elektronların akışıdır (Pardhan & Bano, 2001) şeklinde olduğu gibi, bir kablo boyunca hareket eden yüklü tanecikler (Stocklmayer & Treagust, 1996), bir kablodan geçen bir elektrik topluluğudur (Stocklmayer & Treagust, 1996) şeklinde de tanımlanabilmektedir.

Ayrıca bazı öğrencilerin zihinlerinde elektrik devresi ile ilgili birtakım benzetimler kullandıkları saptanmıştır. Bunlar, (i) Seri devrelerdeki akım bir grup insanın bir alt geçitten geçmesine benzer. Alt geçide giren kişi sayısı kadar çıkan kişi olur (Lee & Law, 2001). (ii) Akım, istasyondan (pil) yolcu alan, durakta (lambaya) yolcu indiren ve istasyona geri dönen bir otobüse benzer (Lee & Law, 2001). (iii) Akım müşteriye (lambaya) haber (enerji) getiren bir posta arabasına benzer. Yani lamba enerjiyi kullanır, akımı değil (Lee & Law, 2001). (iv) Akım art arda duran ve birbiri üzerine baskı uygulayan bilardo toplarına benzer. Bir kablunun ucundan bir sürü top enjekte edildiğinde, diğer uca doğru hemen hareket ederler. Ancak devrede herhangi bir engelle karşılaştıklarında ısı üreten sürtünmeden dolayı daha kuvvetli baskı yaparlar (Borges & Gilbert, 1999).

Öğrencilerin *elektrik akımının korunumu* hakkındaki görüşleri ise şöyledir: Paralel devrelerde akım, kollar arasında iki eşit parçaya bölünür (Lee & Law, 2001) ve bu devrenin her bir kolunda sabittir ve korunur (Shipstone ve diğ., 1988). Bir paralel devreden geçen toplam akım, devredeki ampul sayısından etkilenmez (Pardhan & Bano, 2001). Devredeki

kollarda akımların toplamı devredeki toplam akıma eşittir (Shipstone ve diğ., 1988). Pilden çıkan akımın tamamı pile geri döner (Duit & Rhöneck, 1997)

Öğrencilerin *akımın kaynağı* konusundaki görüşleri şunlardır: Pil sabit bir akım kaynağıdır (Cohen ve diğ., 1983; Dupin & Johsua, 1987; Heller & Finely, 1992; Lee & Law, 2001). Akım pilin her iki ucundan da akar (Heller & Finely, 1992) ve ışık hızıyla hareket eder (Borges & Gilbert, 1999). Bir pil bağlı olduğu devreden bağımsız olarak her zaman aynı akımı sağlar (Periago & Bohigas, 2005).

Öğrencilerin bir *elektrik devresindeki elektronlarla* ilgili görüşlerini ortaya koyan çalışmalara göre şunlar sıralanmaktadır: Elektronlar güç istasyonundan (pilden) gelen ve kablodan geçen gerilimdir (Borges & Gilbert, 1999). Elektron akışının nedeni bir pilin pozitif ve negatif uçları arasındaki çekimdir (Pardhan & Bano, 2001). Pil elektron üretmez, onları hareket ettirir (de Posada, 1997). Kablonun içinde tek yönlü hareket eden binlerce elektron vardır (Summers ve diğ., 1998). Bir elektrik devresinde kabloların içinde elektronlar vardır ve pil onları hareket ettirmek için baskı uygular. Baskı pilin gerilimine bağlıdır. Gerilim artarsa elektronları hareket ettiren baskı artar. Böylece elektronların baskı konusundaki deneyimi arttıkça daha hızlı hareket ederler (Summers ve diğ., 1998). Bir pil ve bir lamba bulunan bir devrede, elektronlar pilin bir ucundan çıkarlar, lambaya giderler ve güçleri azaldığında tekrar pile gelirler ve şarj olurlar (Summers ve diğ., 1998). Bir pil ve bir lamba bulunan bir devrede, kablonun iki ucundaki elektronlar lambaya baskı uygularlar ve onu aydınlatmak için yakarlar (Summers ve diğ., 1998). Bir pil ve bir lambalı bir devrede pil elektronları hareket ettirdiğinde birbirleriyle çarpışırlar. Bu hareket elektronlar lambaya ulaşmaya kadar, kablonun iletkenliği boyunca söz konusudur ve lamba enerjisiyle parlar (de Posada, 1997).

Öğrencilerin bir elektrik devresindeki *elektrik yükleriyle* ilgili görüşleri şöyle sıralanabilir: Bir pil, bir devre içerisinde hareket eden elektrik yükünü sağlayan bir akım kaynağıdır (Periago & Bohigas 2005). Bir pil pozitif ucunda bulunan yükleri bırakır. Bu akım lambadan geçer ve pile geri döner (Borges & Gilbert, 1999). Bir devredeki yük akışı sabittir (Shipstone ve diğ., 1988). Bir pil ve bir lambalı bir devrede, pozitif ve negatif yükler ayrı kablolarda hareket ederler ve bunlar lambada karşılaşarak ısı ve ışık oluştururlar (Andrés, 1990; Borges & Gilbert, 1999).

Öğrenciler elektriği “kablo” (Selman ve diğ., 1982) ve “ışık” (Selman ve diğ., 1982) olarak tanımlamaktadırlar. Ayrıca bazı öğrencilere göre, elektrik pilin içindeki bir şeydir ve kablo boyunca gidebilir (Selman ve diğ., 1982).

Öğrencilerin bir elektrik devresindeki *gerilimle* ilgili görüşleri ise şunlardır: Devreye kablo eklenmesi gerilim düşüşüne yol açmaz (Shipstone ve diğ., 1988). Potansiyel farkı akımın nedeni değil sonucudur (Cohen ve diğ., 1983).

2. Bilimsel ve zihinsel modeller

Fen eğitiminde öğretilen kavramların soyut oluşu bu derste model kullanımını gerektirmektedir (Treagust ve diğ., 2002). Burada iki çeşit model söz konusudur: Öğretimde kullanılan modeller “*Teaching Models*” ve öğrencilerin kendi zihinlerinde oluşturdukları modeller “*Mental Models*”.

Paton (1996) öğretim modellerini, karmaşık görünen olayların insanlar tarafından anlaşılmasını kolaylaştırmak için kullanılan bilimsel ve zihinsel etkinlikler olarak tanımlamaktadır. Model Host (1989)’a göre gerçek bir sistemin temsil aracı, Drouin (1988)’e göre başka bir şeyin yerine kullanılan bir nesne ve Bissuel (2001)’e göre ise bir iletişim aracı olarak tanımlanmaktadır.

Diğer yandan zihinsel model kavramı ise ilk defa Gentner ve Stevens (1983) tarafından öğrencilerin fiziksel dünyayı anlamlandırmak ve karşılaştıkları günlük olayları yorumlamak için zihinsel temsilleri oluşturmaları olayını tanımlamak için kullanılmıştır. Norman (1983),

Gilbert ve Boulter (1998a)'e göre bu modeller öğrencilerin daha önce öğrenmiş oldukları bilgiler temelinde oluşturulan, özel ve kişisel modellerdir. Bunlar genellikle ne bilimsel ne de belirlidirler. Bazı açılardan yetersiz olmakla birlikte birbirlerine tamamen zıt, yanlış ve gereksiz kavramları içerebilir (Norman, 1983; Hafner & Steward, 1995). Buna karşılık bu modeller olayların öngörülmesi ve açıklanmasının tanımlanmasında yardımcı olma konusunda sonuçsal ve tanımsal bir işleve sahiptirler (Gilbert & Boulter, 1998b,c; Hafner & Steward, 1995). Vosniadou (1994) ise zihinsel modelleri zihinsel temsilin özel bir hali olarak tanımlamaktadır.

Bilim insanlarının elektrik için geliştirdiği modelde ise akım devrede azalmadan dolaşır ve lambaya gelen ve giden kablolardaki akımlar aynıdır (Osborne & Freyberg, 1985; Driver ve diğ., 1994). İlgili alanyazını tarayan çalışmalar bulunmaktadır (Borges & Gilbert 1999; Sencar & Eryılmaz, 2004; Çepni & Keleş, 2005). Ayrıca alanyazında öğrencilerin elektrik kavramıyla ilgili zihinsel modellerini inceleyen bazı çalışmalar mevcuttur (Osborne, 1981, 1983; Cohen ve diğ., 1983; Shipstone, 1984, 1985; Osborne ve Freyberg, 1985; Driver ve diğ., 1994; Karrkvist, 1995;) Bu çalışmalarda ortaya konulan en temel zihinsel modeller aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Unipolar (tek kutuplu) model: Akım, pilin artı ucundan çıkar, lambanın altından girer ve bu akımın tamamı lambada tükenir.
2. İki bileşenli model (two-components model): Artı ve eksi akımlar pilden lambaya doğru hareket ederler, lambada karşılaşırlar ve enerji ve ışık oluştururlar.
3. Kapalı devre modeli (closed circuit model): Burada her devre elemanı iki bağlantıya sahiptir. Akım devrede verilen bir yönde hareket eder. Devre anahtarın kapalı olduğu durumda çalışır.
4. Tükenen akım modeli (current consumption model): Akım zamana bağlı bir olay olarak tanımlanır. Akım devrede her bir direnç elemanında tüketilip azalarak hareket eder.
5. Sabit akım kaynağı (constant current source): Pil sabit bir akım kaynağı olarak görülür.
6. Ohm modeli: Akım enerji işletici olarak devrede hareket eder.

Kibble (1999) kablodan geçen akımın modellenmesi konusunda öğrencilerin aşağıdaki zihinsel modelleri geliştirdiklerini saptamıştır: (i) Kablonun içinin mekanik düşünceyle ifadesi, (ii) elektron, pozitif ve negatif yükler vb. adlandırılan yüklü partiküllerin hareketi, (iii) yüke atıfta bulunmaksızın bazı partiküllerin hareketi, (vi) kablodan elektriksel veya enerjisel bazı şeylerin geçmesinin dalgalı ve kıvılcımlı olarak temsili.

Yukarıda iki başlıkta hem basit elektrik devresi hem de elektrik-model ilişkisini ortaya koyan çalışmalardan örnekler verilmiştir. Her iki bakış açısından temel bulgular, elektrik konusunda olgusal boyutta olanlar ile kavramsal boyutta olanlar arasında kurulan ilişkilerin çeşitliliği, tutarsızlığı ya da bazı durumlarda yanlışlığıdır. Öğrenciler basit elektrik devresine gözlemledikleri ile gözlemleyemedikleri olguları birleştirmekte zorlanmaktadırlar. Gözlemleyemedikleri alanları bilimsel modellerden daha çok zihinsel modeller ile tamamlamaktadırlar. Bunun yanında öğrencilerde elektrikle ilgili kavramların içerikleri tam olarak biçimlenmediğinden, temel elektrik altyapısının oluşumu sekteye uğramaktadır. Bu karmaşık sorunu daha yalın bir biçimde ele almak ve bu konuda öğrencilerin görüşlerini çözümlmek elektriğin temelinin nasıl yapılanması gerektiği konusunda daha belirgin ipuçları verebilir. Bu çalışmanın araştırma sorusunun çerçevesi bu zeminden yola çıkılarak biçimlenmiştir.

Bu çalışma, "İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin yeni fen ve teknoloji programı çerçevesinde, bir iletken tel, bir ampul ve bir pil ile kurulan basit bir elektrik devresinde neler oluyor?" sorusuna cevap aramak için tasarlanmıştır. Burada amaç, öğrencilerin algıladıkları ile zihinde kurguladıkları arasındaki ilişkileri basit bir elektrik devresi örneği ile ortaya koymaktır. Bu bağlamda çalışmanın araştırma soruları şunlardır:

1. Öğrenciler, basit bir elektrik devresini içinde işlev gören pil, iletken tel ve ampulün çalışmasını nasıl algılıyorlar? Bu durum, zaman içinde değişiklik göstermekte midir?
2. Öğrenciler, iletken tel içerisinde neler olduğunu hangi zihinsel ve bilimsel modellerle temsil ediyorlar? Bunların zaman içerisindeki değişimleri nasıldır?

YÖNTEM

Çalışmanın ilk aşamasında ilköğretim I. ve II. kademe fen ve teknoloji dersi öğretim programları ve ders kitapları incelenmiştir. Daha sonra, konuyla ilgili olarak ulusal ve uluslararası alanyazın taraması yapılmıştır. Sonraki aşamada ise deneyimli üç fen ve teknoloji öğretmeni ile yapılan görüşmeler doğrultusunda, ilköğretim II. kademe fen ve teknoloji programı kapsamı ve ilgili alanyazın araştırması sonuçları göz önünde bulundurularak, öğrencilerin akım geçiren basit bir elektrik devresinde neler olup bittiğiyle ilgili fikirlerini sorgulayan yedi açık uçlu sorudan oluşan nitel araştırma temelli bir anket (bkz. Ek 1) hazırlanmıştır. Buna benzer sorular daha önce birçok araştırma makalesinde kullanılmış ve kapsamlı veriler elde edilmiştir. Bu tür soruların çoktan seçmeli testlere göre tercih edilme nedeni, katılımcıları yönlendirmeden daha fazla bilgi sağlamasıdır (White & Gustone, 1992). Bu test, pilot uygulama ve gerekli düzeltmeler sonrasında Samsun ilinde iki okulda 6. (n:163), 7. (n:119) ve 8. (n:146) sınıf öğrencilerinden oluşan toplam 428 kişilik örnekleme uygulanmıştır.

Verilerin çözümlenmesi sürecinde aşağıdaki adımlar izlenmiştir. (1) Öğrencilerin cevapları, nitel araştırmalarda kullanılan içerik analizi yönteminden yararlanarak yapılmıştır. Öğrencilerin ifadelerindeki ortak özelliklere ve ana fikre göre araştırmacı tarafından oluşturulan kategorilere ve alt kategorilere yerleştirilerek frekansları ve yüzdeleri hesaplanmıştır. Ayrıca diğer öğrencilerle ortak kategorilerin saptanması amacıyla sürekli karşılaştırılmıştır (Creswell, 1988). (2) Elde edilen alt ve ana temalara göre ayrıştırılan veriler, öğrenci cevaplarından doğrudan alıntılarla desteklenmiştir. Bu alıntılar italik yazıyla yazılmıştır. Yapılan bu doğrudan alıntılar katılımcı görüşlerini ve deneyimlerini çarpıcı bir biçimde yansıtırlar (Yıldırım & Şimşek, 2005). (3) Bulgular araştırmacı tarafından açıklanmış, ilişkilendirilmiş ve yorumlanmıştır. Bir öğrenci aynı zamanda birkaç özellik tanımladığı için tablolardaki toplam özellik sayısı öğrenci sayılarından fazladır. Bu yüzden tablolar her bir cevap bir maddeye karşılık gelecek biçimde düzenlenmiştir.

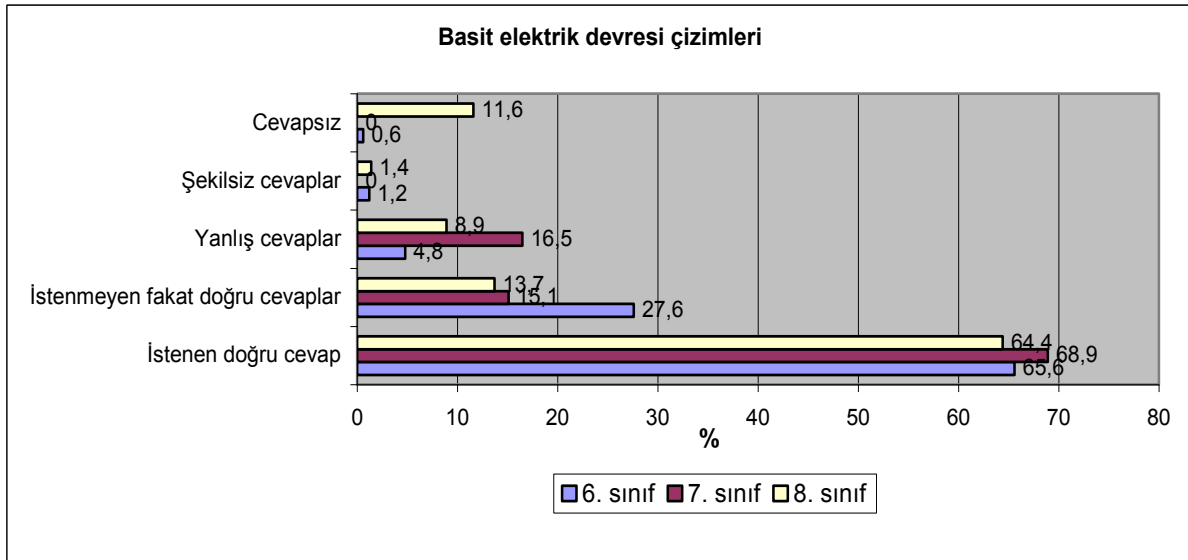
BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada çerçevesinde öğrencilere sorulan sorular ve bu sorulara öğrenciler tarafından verilen cevapların dağılımı aşağıda tablolar ve grafikler halinde verilmiştir. İlk altı sorunun başında bulunan genel ifade (bkz. Ek 1) şu şekildedir: “*Elinizde bir ampul, bir pil ve belirli uzunlukta bir kablo olduğunu düşünün. Sizden bu malzemeleri kullanarak ampulü yakmanız isteniyor. Aşağıdakileri açıklayınız*”. Bu çerçevede öğrencilere toplam yedi soru sorulmuştur. Bu sorulardan elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

1. Oluşturacağınız devreyi çiziniz.

Tablo 1. Öğrencilerin “Basit elektrik devresi çizimleri” için (1. soru) Cevaplarının Dağılımı

Öğrenci çizimleri	6. sınıf		7. sınıf		8. sınıf	
	N	%	N	%	N	%
İstenen devre çizimi (Kablo+Ampul+Pil) (KÜL)	107	65,6	82	68,9	94	64,4
İstenmeyen ancak doğru						
Kablo+Üreteç+Ampul+Anahtar (KÜLA)	43	26,4	17	14,3	18	12,3
Kablo+2 Üreteç+Ampul+Anahtar (KÜ ² LA)	2	1,2	-	-	-	-
Kablo+Üreteç+2Ampul (KÜL ²)	-	-	-	-	2	1,4
Kablo+Üreteç+Paralel 2Ampul (KÜL ^P)	-	-	1	0,8	-	-
Toplam	152	93,3	100	84,0	114	78,1
Yanlış						
Kablo+Direnç+Üreteç (KDÜ)	2	1,2	14	11,8	-	-
Kablo+Direnç+Üreteç+Anahtar (KDÜA)	2	1,2	2	1,7	2	1,4
Kablo+Ampul+Anahtar (KAL)	1	0,6	-	-	-	-
Yanlış (Tek kablolu çizimler)	3	1,8	3	2,5	11	7,5
Toplam	8	4,8	19	16,5	13	8,9
Şekilsiz açıklama	2	1,2	-	-	2	1,4
Cevapsız	1	0,6	-	-	17	11,6
Toplam	163	100	119	100	146	100



Şekil 1. Öğrencilerin Basit Elektrik Devresi Çizimleri (1. Soru) Dağılımı

Tablo 1 ile Şekil 1 birlikte yorumlandığında, öğrencilerin yaklaşık 2/3'ü (6.sınıf % 65,6; 7.sınıf % 68,9 ve 8.sınıf % 64,4) bu soruya doğru şekil çizerek istenen cevabı vermişlerdir. Bunun dışında bir kısım öğrenci (6.sınıf % 13,7; 7.sınıf % 15,1 ve 8.sınıf % 27,6) ise kendi istedikleri biçimde devre çizerek ampulü yakacak biçimde devreyi oluşturmuşlardır. Bu cevaplar bilimsel olarak doğru olmakla beraber istenilen cevap değildir. Bu durum öğrencinin soruya kendi zihinsel tasarımı doğrultusunda cevap vermeyi tercih ettiğini göstermektedir. Cevaplardaki bu dağılım 6. sınıftan 8. sınıfa doğru aratarak devam etmektedir. Bu da elektrik ile ilgili bilgi ve yaşantıların artışına bağlanabilir. Şekilsiz doğru cevapların oranları ise ihmal edilecek düzeydedir (% 0; % 1,2; % 1,4). Soruyu yanlış şekil çizerek cevap verenlerin oranı ise 6., 7. ve 8. sınıflar için sırasıyla % 8,9 ; % 16,5 ve % 4,8'dir. Bu soruda öğrencilerin soruya istenilen cevabı verme yüzdesi ile sınıfları arasında bir ilişki olmadığı söylenebilir. Bu durum öğrencilerin elektrik devrelerini anlamada zorluklarla karşılaştıklarını gösteren

alanyazındaki bazı çalışmaların (Engelhardt & Beichner, 2004; Tsai ve diğ., 2007; Glauert, 2008) sonuçlarıyla koşutluk göstermektedir.

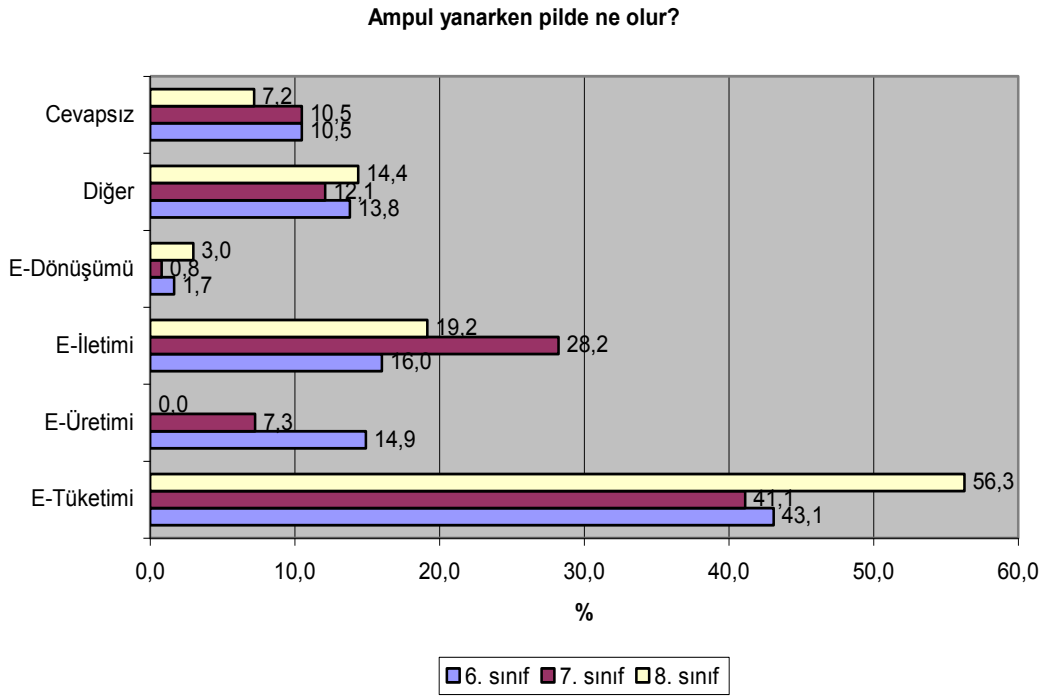
2. Ampülü yakan nedir?

Tablo 2'deki dağılım incelendiğinde, bu ampülü yakan şeyin enerji, pil, elektrik, akım vb. ya da devre elemanları (DE) ekleyerek bu sayılanların kombinasyonları olduğu saptanmıştır. Burada cevapların yoğunluğu enerji ve pil üzerinedir: “*Ampülü yakan pildir. Çünkü pil enerji kaynağıdır. Pilden çıkan enerji bağlantı kabloları sayesinde elektriği iletip ampülü yakar*”. İkinci sırada ise elektrik, akım ve “pil+elektrik+DE” birlikteliğidir: “*Ampülü yakan elektrik akımıdır. Elektrik akımı ampülün içindeki nikel-krom tele gelir ve ışık çıkar*”, “*Ampülü yakan pildir çünkü pil elektrik yerini tutar ve de güç kaynağı olduğu için ampülün yanmasını sağlar*”. Cevapların dağılımında enerji, pil ve “pil+elektrik+DE” birlikteliğinin dağılımı 6. sınıftan 8. sınıfa doğru artış göstermektedir. Bunun yanında “elektrik” ifadesini kullananların oranı 6. sınıftan sonra çok hızlı bir şekilde gerilemektedir. Ampülü yakan pilin enerjisidir. Bu enerji pilden sağlanır ve akım yoluyla (elektriksel iş yapılarak) ampule taşınır. Öğrencilerin cevaplarında bu temel kavramların hepsi yer almaktadır. Enerji için cevaplar 6., 7. ve 8.sınıf için sırasıyla % 25,3; % 34,5 ve % 37,4'dür. Bu oran giderek artış göstermiş olmasına karşın ampülü yakan etkenin kaynağının tam olarak şekillenmediği söylenebilir. Buradan öğrencilerin anlamlarını ayıramadığı kavramları birbirinin yerine kolaylıkla kullanabildikleri sonucunu çıkarabiliriz.

Tablo 2. Öğrencilerin Ampülü Neyin Yaktığıyla İlgili (2. Soru) Cevapların Dağılımı

	%		
	6. sınıf (n:163)	7. sınıf (n:119)	8. sınıf (n:146)
Enerji	37,4	34,5	25,3
Pil	20,9	21,0	18,5
Elektrik	6,1	6,7	25,3
Akım	3,1	10,9	6,2
Flaman	3,7	0,0	0,7
Anahtar	3,7	2,5	1,4
Pil+Elektrik+DE	12,9	10,1	6,8
Pil +Enerji+DE	3,1	1,7	1,4
Pil+Akım+DE	0,6	0,8	2,1
Pil +DE	1,8	3,4	0,0
Elektrik+ DE	0,6	0,8	2,7
Elektrik+Enerji	0,0	1,7	2,1
Elektrik +Akım	0,0	0,8	2,1
Enerji+DE	0,0	0,8	0,7
DE	2,5	2,5	1,4
Diğer	3,1	0,0	0,0
Cevapsız	0,6	1,7	3,4

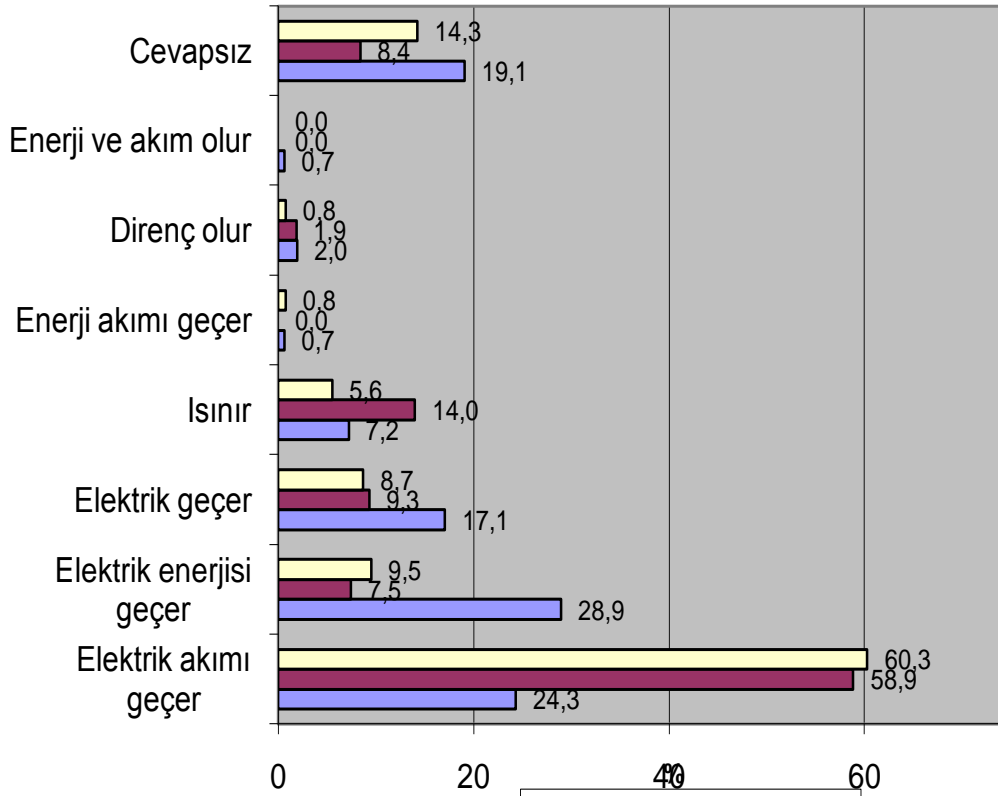
3. Ampul yanarken pilde ne olur?



Şekil 2. Öğrencilerin Ampul Yanarken Pilde Ne Olduğu (3. Soru) Konusundaki Cevapların Dağılımı

Şekil 2’deki grafik ele alındığında cevapların enerji tüketimi, enerji iletimi, enerji üretimi ve enerji dönüşümü üzerine yoğunlaştığını gözlemleyebiliriz. Bunlar arasında “cevapsız” ve “diğer” kategorilerinin dağılımı % 20 ile % 25 arasında değişmektedir. Bu soruda öğrencilerin sınıflar arasında cevaplarının % 41,1 ile % 56,3’ü enerji tüketimi üzerine yoğunlaşmıştır: “Enerji kaybı olur, çünkü pil enerjisini ampulün yanması için harcar”, “Pil enerjisini yavaş yavaş kaybeder ve ampulün parlaklığı da azalır”. Bunu izleyen kategori ise % 16 ile % 28,2 arasında enerji iletimidir: “Pilin (-) kutbundan (+) kutbuna kadar enerji ampulün üstünden geçerek pilin diğer ucuna kadar ulaşır”, “Ampulden kabloya enerji iletilir”. Bunun yanında % 0 ile % 14,9 arasında enerji üretimi ve % 1 ile % 3 arasında enerji dönüşümü ifadeleri yer almaktadır. Burada da ampul yanarken pilde olan şeyin enerji ile ilgili bir şey olduğu ortaya konulmuştur. Fakat hemen hemen her iki öğrenciden biri tüketim yerine iletim, üretim ya da dönüşüm ile ilgili bir tercihte bulunmuştur. Burada öğrenciler pil içinde gözlemlenemeyen bir olguyla karşılaştıkları için en yakın olasılıkta enerji ile bildikleri diğer olguları yeğlemişlerdir.

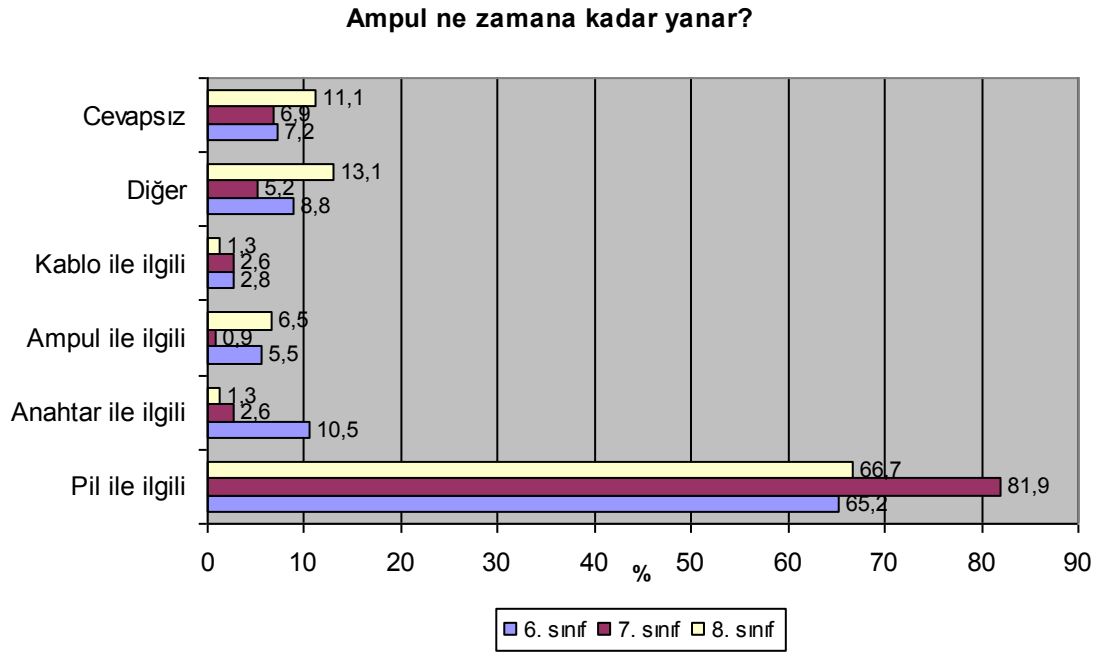
4. Ampul yanarken kabloda ne olur?



Şekil 3. Öğrencilerin Ampul Yanarken Kabloda Ne Olduğu İle İlgili (4. Soru) Cevapların Dağılımı

Şekil 3'teki grafiği incelediğimizde öğrencilerin cevaplarının dağılımı, en yüksek olarak “elektrik akımı geçer” (6. sınıf % 60,3; 7.sınıf % 58,9 ve 8.sınıf % 24,3) , daha sonra “elektrik enerjisi geçer” , “elektrik geçer” ve “ısınır” üzerinde yoğunlaşmıştır: “Pilden aldığı enerjisi ampule doğru aktarır. Bu da elektrik akımıdır”, “Elektrik enerjisi kablodan geçer, ampule ulaştığında ışık enerjisine dönüşür”, “Elektrik enerjisi kablodan geçmeye devam eder. Sürtünmeden dolayı ısınır”, “Kablodan geçen akımın bir kısmı kabloda ısı enerjisine dönüşür”. Bu cevaplar arasında dikkati çeken “elektrik akımı geçer” 6. sınıftan 8. sınıfa doğru azalırken, “enerji ve elektrik geçer” tersine artış göstermektedir. Bu da akım konusunda bu sınıflar arasında önemli kavramsal değişimlerin olduğuna işaret etmektedir. Bunun yanında her sınıfta % 5,6 ile % 14,0 arasında bir grup “ısınır” ifadesi kullanmışlardır. Soruya cevap vermeyenlerin oranı ise % 8,4 ile % 19,1 arasında değişmektedir. Yine burada da kablodaki elektrik, akım ve enerji arasında ciddi bir karmaşa bulunduğu görülmektedir. Sınıflar arasında değişimler olsa da kavramlar birbiri yerine kullanılabilir, bu da bu konuda ortaya doğru bir algılamamanın olmadığını ortaya koymaktadır. Bu durum Borges ve Gilbert (1999) tarafından da ortaya konulmuştur.

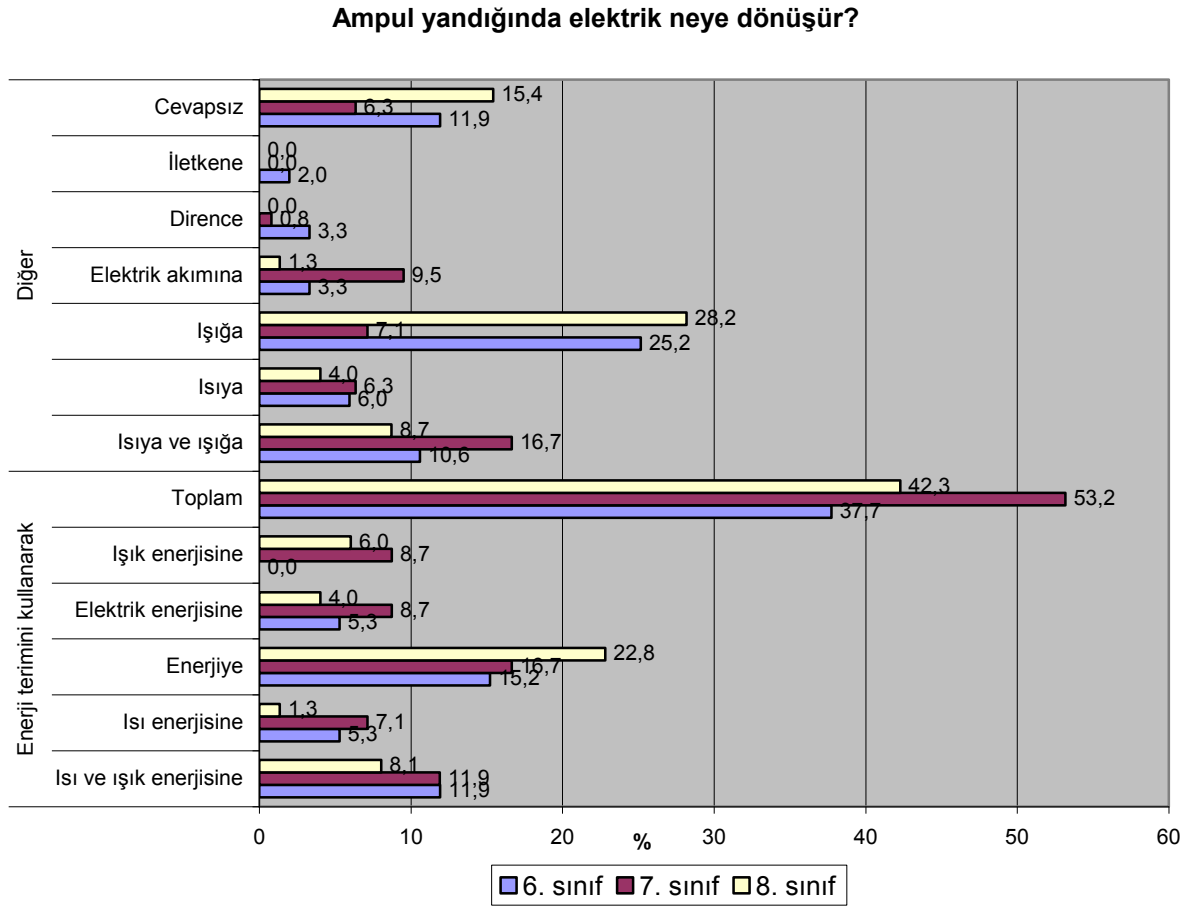
5. Ampul ne zamana kadar yanar?



Şekil 4. Ampulün Ne Zamana Kadar Yandı (5. Soru) Konusundaki Öğrenci Cevaplarının Dağılımı

Şekil 4 incelendiğinde, “Ampul ne zamana kadar yanar?” sorusu, tüm sorular arasında tüm gruplar için en fazla doğru cevabın verildiği soru olarak kendini göstermektedir. Bu soru için ampulün yanmasında belirleyici olanın “pil ile ilgili” bir olgu olduğu tüm gruplar tarafından % 65,2 ile % 81,9 arasında doğrulukla cevaplanmıştır. Bunun yanında ampul, anahtar ve kablo ile ilgili cevaplar var olmakla birlikte yüzdeleri düşüktür (% 0,9 ile % 10,5 arasında): “Ampulün direnci ne kadarsa o kadar yanar”, “Elektrik akımı geldiğinde ampul onu ışık enerjisine dönüştürene kadar”. Son olarak, soruya cevap vermeyen ve “diğer” kategorisinde verilen cevapların yüzdeleri % 5,2 ile % 13,1 arasında değişmektedir. Bu soru için ampulün yanması ile pil arasında ilişki, öğrenciler tarafından doğrulukla belirlenebilmiştir. Bu durum, öğrencilerin pil-ampul arasında neden-sonuç çerçevesi bir akıl yürüttüğünü ortaya koymaktadır.

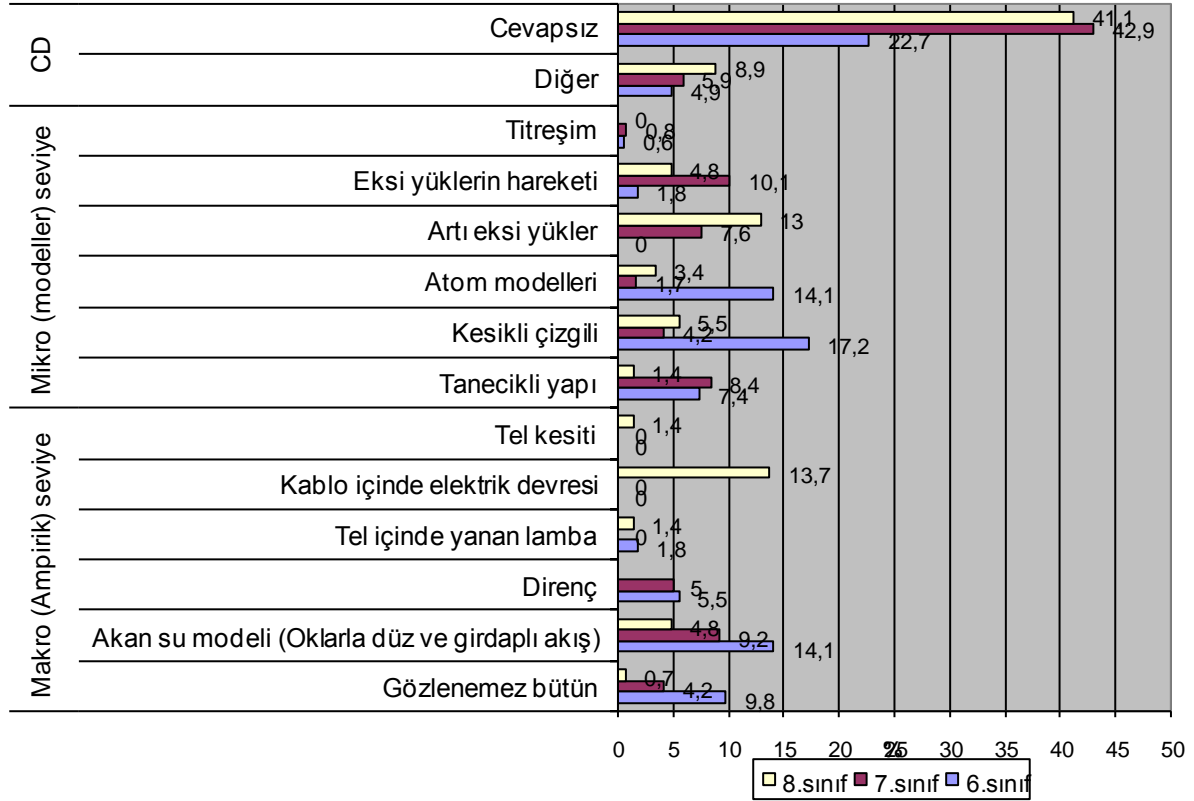
6. Ampul yandığında elektrik neye dönüşür?



Şekil 5. Ampul Yanarken Elektrik Neye Dönüştüğü (6. Soru) Konusundaki Öğrenci Cevaplarının Dağılımı

Şekil 5’deki grafik incelendiğinde, “Ampul yandığında elektrikle iletilen enerjiye ne olur?” sorusuna verilen cevapların dağılımını buluruz. Burada 6. sınıftan 8. sınıfa doğru enerji terimini kullanarak verilen cevapların dağılımı sırasıyla, “enerjiye”, “ısı ve ışık enerjisine”, “elektrik enerjisine”, “ışık enerjisine” ve son olarak “ısı enerjisine” şeklindedir. İçinde enerji ifadesi içeren bu cevapların toplamı 6. sınıflar için % 43,3; 7.sınıflar için % 53,2 ve 8.sınıflar için % 37,7’dir. Bunun dışında enerji terimi kullanmadan doğrudan verilen cevaplar ise, “ısıya ve ışığa” (% 8,7; % 16,7 ve % 10,6), ışığa (% 28,2; % 7,1 ve % 25,2), ısıya(% 4; % 6,3 ve % 6) ve elektrik akımına (% 1,3; % 9,5 ve % 3,3) şeklindedir. Bunun yanında cevapsızların oranı ise % 6,3 ile % 15,4 arasında değişmektedir. Burada öğrencilerin % 80’inden daha fazla bir kısmı bir dönüşüm olduğu konusunda hemfikirdir. Fakat bu dönüşümün türü konusundaki cevaplarının dağılımı net değildir. Diğer yandan öğrencilerin % 37,7 ile % 53,2 arasında bir grup, bu dönüşümün enerjiyle ilgili bir dönüşüm olduğunu söyleyebilmektedir. Bu da bize enerji dönüşümü konusunda doğru bir kavramsallaştırma yönünde yerinde bir biçimlenme olduğunu gösterir. Bunun dışında dönüşümün ısıya mı, ışığa mı, yoksa her ikisine birden mi olduğu tam olarak belirginlik kazanmamıştır.

7. Bu basit elektrik devresinden akım geçtiğinde iletken kesiti içinde neler olur?



Şekil 6. İletkenin Kesiti İçinde Neler Olduğu İle İlgili (7. Soru) Öğrencilerin Zihinsel Modelleri

Bu çalışma yanan bir lambanın bulunduğu devredeki iletkenin içindeki akımın modellenmesi için öğrencilerin zihinlerinde oluşturdukları modelleri ilk olarak ortaya koyması açısından önem taşımaktadır. Öğrencilerin oluşturdukları zihinsel modeller Şekil 6'de verilmiştir.

Öğrenci çizimlerinin genel olarak incelenmesi sonucunda 12 farklı zihinsel model tipi belirlenmiş ve bu zihinsel modellerin her biri için bazı örnekler Şekil 8'de verilmiştir. Bu model tiplerinden ilk beşi, makro bakış kategorisinde, son yedisi ise mikro bakış kategorisinde sınıflandırılmıştır.













Öğrencilerin zihinlerinde oluşturdukları zihinsel modelleri, elektrik akımını makro ve mikro olmak üzere iki fikir temelinde yapılandırmaya çalıştıkları anlaşılmaktadır. Makro bakıştaki öğrenciler, iletken kesitinin içini ya tamamen doldurmakta (ZM1) ya da buraya direnç (ZM2), devre (ZM3), yanan lamba (ZM5) ile resmetmektedirler. Diğer bir gösterim ise suyun akmasına benzer (ZM4) bir gösterimdir. Mikro bakıştaki öğrencilerin iletken kesitini genelde partiküllerle doldurdukları görülmektedir (ZM6, ZM7, ZM8, ZM9, ZM12). Ayrıca bu gruptaki bazı öğrenciler ise iletken kesitini kesikli çizgi (ZM10) ve akan oklarla (ZM11) doldurmaktadır.

Makro seviye olarak adlandırdığımız seviyedeki modelleri oluşturan öğrencilerin oranları 6. sınıfta yaklaşık toplam oranın 1/3'ünü oluşturmasına karşın sonraki iki yılda bu oran düşmektedir ve öğrenci oranları 7. ve 8. sınıf öğrencilerin yaklaşık 1/5'ini oluşturmaktadır. Diğer yandan makro düzey olarak adlandırdığımız düzeydeki modelleri oluşturan öğrenciler 6. sınıfta en fazladır (% 41) ve her yıl azalma göstermektedir (% 33, 7. sınıf; % 28, 8. Sınıf).

Mikro seviyedeki modeller arasında, 6. sınıf öğrencileri en fazla kesikli çizgi modelini oluşturdukları gözlenmektedir (% 17). Bu seviyedeki öğrencilerin en fazla tercih ettikleri diğer model ise atom modelleri (% 14), sonraki model ise tanecikli modeldir (% 7). 7. sınıflarda ise, eksi yüklerin hareketi modeli (% 10), tanecikli yapı modeli (% 8), artı ve eksi yükler (8%) ve son olarak da kesikli çizgi modelidir (% 4). 8. Sınıf öğrencilerinde ise, oluşturulan zihinsel modeller sırasıyla artı eksi yükler modeli (% 13), kesikli çizgi modeli (% 6), eksi yüklerin hareketi (% 5) ve atom modeli (% 3) şeklindedir. Öğrencilerin mikro seviyede oluşturdukları zihinsel modellerle ilgili olarak, Kibble (1999) araştırmasında, sınıf öğretmenliği 2. sınıf öğrencilerinin % 15'inin kablonun içinde olup biteni elektron, pozitif ve negatif yükler vb. olarak adlandırılan partiküllerin hareketi ile modellendirdiklerini göstermiştir. Ayrıca, bu öğrencilerin % 7'si ise kablonun içinde olup biteni hiç ad vermeden sadece partiküllerin hareketi ile modellemektedirler.

Makro düzeyde ise, kablo içinde elektrik devresi modelini sadece 8. sınıf öğrencileri tarafından (% 14) oluşturulması dikkat çekicidir. 6. sınıf öğrencilerinin en fazla akan su modeli (% 14), sonrasında gözlenemez bütün modeli (% 10) ve direnç modelidir (% 6). Zihinlerinde akan su modelini oluşturan 7 ve 8. sınıf öğrencileri sırasıyla % 9 ve % 5 olup direnç modelini 7. sınıf öğrencilerinin % 5'i oluşturmaktadır. Bu zihinsel modeli oluşturan hiçbir 8. sınıf öğrencisi bulunmamaktadır. Bu soruya cevap vermeyen öğrencilerin oranı ise 6. sınıfta yaklaşık % 25 olmasına karşın üst sınıflarda bu oran oldukça fazladır (% 43, 7. sınıf; % 41, 8. sınıf).

Tablo 3 . Öğrencilerin Zihinsel Modelleri (ZM)

Makro bakış	 ZM1 Gözlenemez bütün modeli	 ZM2 Direnç modeli	 ZM3 Tel içinde elektrik devresi modeli	 ZM4 Akan su modeli	 ZM5 Tel içinde yanan lamba modeli
Mikro bakış	 ZM6 Tanecikli yapı modeli	 ZM7 Artı eksi yükler modeli	 ZM8 Atom modeli	 ZM9 Eksi yüklerin hareketi modeli	 ZM10 Kesikli çizgiler modeli
		 ZM11 Akan oklar modeli	 ZM12 Titreşim modeli		

SONUÇLAR

İlk altı soruya verilen tüm cevaplar çözümlendiğinde bütünsel olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşabiliriz:

1. Basit elektrik devresi: Öğrencilerin büyük bir kısmı basit elektrik devresi konusunda doğru çizimler yapabilmekle birlikte, bir kısım öğrenci kendi bilgi, deneyim ve zihinsel tasarımları doğrultusunda şekilleri kullanmaya devam etmektedir.

2. Ampülü yakan nedir? Ampülü yakan etkenin kaynağının tam olarak şekillenmediği söylenebilir. Buradan öğrencilerin anlamlarını ayıramadığı kavramları birbirinin yerine kolaylıkla kullanabildikleri sonucunu çıkarabiliriz. Özellikle enerji, pil, elektrik ve akım kavramları birbirleri yerine kolayca kullanılabilirlerdir.

3. Ampul yanarken pilde ne olur? Burada da ampul yanarken pilde olan şeyin enerji ile ilgili bir şey olduğu ortaya konulmuştur. Fakat hemen hemen her iki öğrenciden biri tüketim yerine iletim, üretim ya da dönüşüm ile ilgili bir tercihte bulunmuştur. Burada öğrenciler pil içinde gözlemlenemeyen bir olguyla karşılaştıkları için en yakın olasılıkta enerji ile bildikleri diğer olguları tercih etmişlerdir.

4. Ampul yanarken kabloda ne olur? Bu soruda öğrencilerin görüşleri kabloda olanların akım ile ilgili bir olgu olduğu yönündedir. Fakat bu sınıflara göre tutarlılık göstermemektedir. Sonuç olarak “elektrik”, “akım” ve “enerji” arasında ciddi bir karmaşa mevcuttur. Sınıflar arasında değişimler olmakla birlikte kavramlar birbiri yerine kullanılabilirler, bu da bu konuda ortaya doğru bir algılamamanın olmadığını ortaya koymaktadır.

5. Ampul ne zamana kadar yanar? Bu soru için ampulün yanması ile pil arasındaki ilişki öğrenciler tarafından doğrulukla belirlenebilmiştir. Bu durum öğrencilerin pil-ampul arasında neden-sonuç çerçeveli bir akıl yürüttüğünü ortaya koymaktadır, diyebiliriz.

6. Ampul yandığında elektrik neye dönüşür? Öğrencilerin cevapları lambada olanların enerji dönüşümüyle ilgili olduğu yönündedir. Fakat hangi form ya da formlarda olduğu belli değildir. Dönüşümün ısıya mı, ışığa mı, yoksa her ikisine birden mi olduğu tam olarak belirginlik kazanmamıştır.

Cevaplardaki ortak eğilim öğrencilerin aynı anda gerçekleşen olayları/olguları yorumlamada güçlük yaşadıklarıdır. Özellikle elektrik konusu buna çok iyi bir örnektir. Devrenin bir tarafına yoğunlaşan öğrenci diğer tarafta ne olduğu konusunda doğru bir akıl yürütmede zorlanmaktadır. Bu 6 soru için 6. sınıftan 8.sınıfa doğru anlamlı ve bütünsel bir gelişmenin olduğu söylenemez. Öğrencilerin her gün elektrikle iç içe yaşaması ve bunun paralelinde okulda gördüğü konular onların zihinlerinde karmaşık ve bağlantıları kopuk bir enerji-elektrik yapılanması olduğunu ortaya koymaktadırlar. Eğer olay/olgu neden-sonuç mantığı içerisinde ise öğrenci cevap verebilmekte fakat bu durumda da hangi kavramı kullanacağını ortaya net olarak koyamamaktadır.

Çalışmanın model boyutunu içeren ikinci kısmında ise öğrenciler yanan bir lambanın bulunduğu devredeki iletken içinden geçen akımı en genel haliyle zihinlerinde iki şekilde canlandırmaktadırlar. Bunlardan birincisi makro düzeydeki düşünceleriyle oluşturdukları zihinsel modeller, ikincisi ise mikro düzeyde oluşturdukları zihinsel modellerdir. Makro düzeydeki gösterimlerde öğrenciler iletken kesitinin içerisine yanan bir lamba örneğinde olduğu gibi günlük yaşamda gözlenebilen bir olayı olduğu gibi resmetmektedirler. Diğer yandan, mikro düzeydeki gösterimlerde iki temel etkenin rol oynadığı söylenebilir. Bunlardan birincisi, öğrencilerin partikül (tanecikli yapı) temeline dayalı olarak zihinsel model oluşturmaları, ikincisi ise “akma/akış” kelimesinin günlük dildeki anlamı temeline dayalı olarak, zihinsel model oluşturmalarıdır.

Bu durumda öğrencilerin algıladıkları ile zihinlerinde kurguladıkları arasında anlamlı bağlar kurulduğunu söylemek güçtür. Çalışmada öğrencilerin bir açıklama yaparken çoğunlukla zihinsel modellere yer verdiği görülmektedir.

ÖNERİLER

Öğrenciler etkileri gözlemlenebilen üretim-tüketim ilişkisini ortaya koyabilmekle birlikte, gözlemlenemeyen diğer olguları yorumlamakta güçlük çekmektedir. Bu durumu çözenin yolu, öğrencilerin zihinsel modellerini bilimsel modellere doğru yer değiştirmesi sağlanarak yapılabilir. Diğer yandan elektrik, enerji ve bunlarla birinci dereceden ilintili kavramların inşasında önemli sorunların olduğu gözlemlenmektedir. Bunun için elektrik kavramını öğrenmeden enerji, enerjinin formları, enerji dönüşümleri, enerji iletimi kavramları sistemli bir şekilde ele alınmalıdır. Bunu yapmanın yolu basit elektrik devresi fikrini temel elektrik devresi fikrine doğru genişletmekle çözümlenebileceği düşünülmektedir. Temel elektrik devresinde olgusal düzeyde gerçekleşen gözlemlenen ve gözlemlenemeyen olguların/olayların birleştirilmesi ve bunların doğru kavramlar ve bilimsel modellerle desteklenmesi ilköğretimde enerji-elektrik bilgilerinin doğru şekillenmesi adına vazgeçilmezdir.

Diğer taraftan, elektrikle ilintili kavramların öğretiminde özellikle algılanamayan durumlarda bilimsel modellerin tercih edilmesi önemlidir. Öğrencilerde var olan zihinsel modelleri doğru bilimsel modellerle destekleyebilirsek doğru bir algı-kavram etkileşimi kurulabilir böylece etrafımızda elektrikle ilintili olguları/olayları daha doğru yorumlayabiliriz.

Bu çalışmada elde edilen veriler, fen ve teknoloji öğretmenlerinin bu konudaki görüşlerinin ayrı bir çalışmada incelenmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu doğrultuda öğrenci ve öğretmenlerin bu konudaki görüşleri birbirleriyle karşılaştırılabilir ve daha kapsamlı veriler elde edilebilir. Diğer taraftan farklı öğretim yöntemleri kullanılan sınıflarda bulunan öğrenciler de bu konuda farklı fikirlere ve kavramsal yapılanmalara sahip olabilirler. Bu yüzden öğretim yöntemine bağlı olarak ortaya çıkan kavramsal değişimlerinde incelenmesi bu tür çalışmaların devamı ve tamamlayıcı nitelikte olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aksanaklu, H. (2008). Özel görüşme. Muğla Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 4. Sınıf Öğrencisi.
- Andrés, M. M. (1990). Evaluación de un plan instruccional dirigido hacia la evolución de las concepciones de los estudiantes acerca de circuitos eléctricos. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3): 231-237.
- Balian R. (2001). Physique fondamentale et énergétique: les multiples visages de l'énergie, Conférence introductive de l'Ecole d'Été de Physique sur l'énergie, Caen, 27 août 2001. <http://e2phy.in2p3.fr/2001/balian.doc> [10.03.2009].
- Bissuel, G. (2001). *Et si la physique était symbolique ?*, PUFC, Paris.
- Borges, A. & Gilbert, J. (1999). Models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21 (1): 95-117.
- Chen, A.K., & Kwen, B.H. (2005). Primary pupils' conceptions about some aspect of electricil. <http://www.aare.edu.au/98pap/ang98205.html> [15.03.2004]
- Cohen, R., Eylon, B. & Ganiel, U. (1983). Potential differences and curriculum in simple electric circuits. *American Journal of Physics*, 51(5): 407-412.
- Cosgrove, M. (1995). A study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity. *International Journal of Science Education*, 17 (3): 295-310.
- Creswell, J. V. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Çepni, S. & Keleş, E. (2005). Turkish students' conceptions about the simple electric circuits. *International Journal of Science, Mathematics Education*, 4: 269-291.
- De Posada, J. M. (1997). Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: Structure and Evolution. *Science Education*, 81 (4): 445-467.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science*. London: Routledge.
- Drouin, A. -M. (1988). Le modèle en questions. *Aster*, 7: 1-20.
- Duit, R. & Rhöneck, C. (1997). Learning and understanding key concepts of electricity. <http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/C2.html>. [26.02.2009]
- Dupin, J. & Johsua, S. (1987). Conceptions of french pypils concerning electric circuits: Structure and evaluation. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (9): 793-806.
- Engelhardt, P. J. & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 27: 98-115.
- Gentner, D. & Stevens, A. L. (Eds.). (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gilbert, J. K. & Boulter, C. (1998a). Learning science through models and modelling. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (eds), *International Handbook of Science Education* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers), 53-66.
- Gilbert, J. K. & Boulter, C. (1998b). Models in explanations, Part 1: Horses for courses?. *International Journal of Science Education*, 20 (1): 83-97.

- Gilbert, J. K. & Boulter, C. (1998c). Models in explanations, Part 2: Whose voice? Whose ears?. *International Journal of Science Education*, 20 (2): 187-203.
- Glauert, E.B. (2008). How young children understand electric circuits: prediction, explanation and exploration. *International Journal of Science Education*, i-first publication, DOI: 10.1080/09500690802101950.
- Hafner, R. & Steward, J. (1995). Revising explanatory models to accommodate genetic phenomena: Problem solving in the “context of discovery”. *Science Education*, 79 (2): 111-146.
- Heller, P. M. & Finley, F. N. (1992). Variable uses of alternative conceptions: a case study in current electricity. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (3): 259-275.
- Host, V. (1989). Système et modèles: quelques repères bibliographiques. *Aster*, 8: 187-209.
- Karrqvist, C. (1995). The development of concepts by means of dialogues centred on experiments. In R. Duit, W. And C. Von Rhöneck (Eds.), *Aspects of Understanding Electricity* (Kiel, Germany: IPN) 215-226.
- Kibble, B. (1999). How do you picture electricity?. *Physics Education*, 34 (4): 226-229.
- Lee, Y. & Law, N. (2001). Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal of Science Education*, 23 (2): 111-149.
- Norman, D. N. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & Stevens, A.L. (Eds.) *Mental models* (pp. 7-14). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1985). *Learning in science*. Hong Kong: Heinemann Education.
- Osborne, R. (1981). Children’s ideas about electric circuits. *New Zealand Science Teacher*, 209: 12-19.
- Osborne, R. (1983). Towards modifying children’s ideas about electric current. *Research in Science and Technology Education*, 1 (1): 73-82.
- Pardhan, H. & Bano, Y. (2001). Science teachers’ alternative conceptions about direct-currents. *International Journal of Science Education*, 23 (3): 301-318.
- Paton, R. C. (1996). On a apparently simple modeling problem in biology. *International Journal of Science Education*, 18 (1): 55-64.
- Periago, M. C. & Bohigas, X. (2005). A study of second-year engineering students’ alternative conceptions about electric potential, current intensity, and Ohm’s law. *European Journal of Engineering Education*, 30 (1): 71-80.
- Psillos, D. (1997). Teaching of elementary electrics. Electronical document. <http://icar.univ-lyon2.fr/Equipe2/coast/ressources/ICPE/francais/partieE/E4.html> (03.02.2009).
- Schenps, M.H. & Sadler, P.M. (2003). *A Private Universe: Minds of Our Own*. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, DVD.
- Selman, R., Krupa, M., Stone, C. & Jaquette, D. (1982). Concrete operational thought of unseen force in children’s theories of electromagnetism and gravity. *Science Education*, 66 (2): 181-194.

- Sencar, S. & Eryilmaz, A. (2004). Factors mediating the effect of gender on ninth-grade Turkish students' misconceptions concerning electric circuits. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (6): 603-616.
- 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. (1985). Electricity in simple DC circuits. In R. Driver, E. Guesne and A. Teberghien (Eds), *Children's ideas in science* (Milton Keynes, England: Open University Press) 33-51.
- Shipstone, D.M., Rhöneck, C.V., Jung, W., Karrqvist, C., Dupin, J.-J., Johsua, S. & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10 (3): 303-316.
- Stocklmayer, S.M. & Treagust, D.F. (1996). Images of electricity: how do novices and experts model electric current?. *International Journal of Science Education*, 18 (2): 163-178.
- Summers, M., Kruger, C. & Mant, J. (1998). Teaching electricity in the primary school: a case study. *International Journal of Science Education*, 20 (2): 153-172.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamila, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24 (4): 357-368.
- Tsai, C.-H., Chen, H.-Y., Chou, C.-Y. & Lain, K.-D. (2007). Current as the Key Concept of Taiwanese Students' Understandings of Electric Circuits. *International Journal of Science Education*, 29 (4): 483-496.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4: 45-69.
- White, R., & Gustone, R. (1992). *Probing understanding*. London: The Falmer Press.
- Yıldırım A., & Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

EK 1

Anket Soruları

Elinizde bir ampul, bir pil ve belirli uzunlukta bir kablo olduğunu düşünün. Sizden bu malzemeleri kullanarak ampulü yakmanız isteniyor. Aşağıdakileri açıklayınız.

1. Oluşturacağınız devreyi çiziniz.
2. Ampulü yakan nedir?
3. Ampul yanarken pilde ne olur?
4. Ampul yanarken kabloda ne olur?
5. Ampul ne zamana kadar yanar?
6. Ampul yandığında elektrik neye dönüşür?
7. Aşağıdaki şekilde yanan bir lambanın bulunduğu bir devredeki iletkenin kesitinin büyütülmüş hali görülmektedir. Sizce bu iletkenin içinde elektrik nasıl hareket etmektedir. Büyütülmüş dairenin içini doldurarak gösteriniz.

