

## 10. Sınıf Öğrencilerinin Kimyasal Değişim Konusundaki Kavramları

Sevgi KINGİR<sup>1</sup>, Ömer GEBAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ankara-TÜRKİYE

<sup>2</sup> Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ankara-TÜRKİYE

**Alındı:** 28.09.2012

**Düzeltildi:** 06.01.2014

**Kabul Edildi:** 14.02.2014

Orijinal Yayın Dili Türkçedir (v.11, n.1, Mart 2014, ss.43-62, doi: 10.12973/tused.10102a)

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı öğrencilerin kimyasal değişim konusunda sahip oldukları kavramları ortaya çıkarmak ve bu kavramların okul türüne göre farklılık gösterip göstermediğini tespit etmektir. Çalışmaya Türkiye'nin büyük bir şehrinde bulunan bir Anadolu Lisesinde ve bir Genel Lisede öğrenim gören 10. sınıf öğrencileri (N = 100) katılmıştır. Daha önceden kimya derslerinde geleneksel yaklaşım esas alınarak kimyasal değişim konusu öğretilen bu öğrencilere iki basamaklı 'Kimyasal Değişim Kavram Testi' uygulanmıştır. Günlük hayatla ilişkili olan her bir sorunun ilk basamağında çoktan seçmeli bir soru sorulmuş, ikinci basamağında ise ilk basamaktaki soruya verilen cevabın nedeninin açıklanması istenmiştir. Araştırma bulguları öğrencilerin kimyasal değişim konusunu tam öğrenemediklerini ve öğrencilerin kimyasal ve fiziksel değişimi birbirinden ayırt etmede zorlandıklarını göstermiştir. Ayrıca, öğrencilerin kimyasal değişim konusunda birtakım kavram yanılgılarının olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Anadolu Lisesi öğrencilerinin Genel Lise öğrencilerine göre kimyasal değişim kavramlarını anlama düzeylerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Sonuçta, geleneksel yaklaşımın kavram yanılgılarının giderilmesinde pek de etkili olmadığı dikkate alınarak kavramsal değişim yaklaşımına uygun öğretim yöntem ve tekniklerinin kimya derslerinde kullanılması tavsiye edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kimyasal Değişim, Kavram Yanılgıları, Lise Öğrencileri.

### GİRİŞ

Fen eğitiminin en genel amacı bilim okuryazarı bireyler yetiştirmektir. Bilimsel okuryazar bir bireyin en önemli özelliklerinden biri de temel fen kavramlarını anlayarak uygun bir şekilde kullanmasıdır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2005). Kavram öğrenme yaşam boyu devam eden bir süreç olduğundan yalnızca okul ortamı ile sınırlı değildir. Öğrenciler sınıf ortamına gelirken öğrenecekleri konulara ilişkin edindikleri birtakım bilgileri, fikirleri ve kavramaları da beraberinde getirirler. Bu ön bilgi ve kavramalar bireylerin daha sonradan öğrenecekleri üzerinde olumlu ya da olumsuz etki oluşturabilirler (Chandran, Treagust, & Tobin, 1987; Reynolds & Walberg, 1992). Bu yaygın ön bilgi ve kavramaların bir kısmı bilimsel çevreler tarafından kabul edilenden farklı fakat öğrencilerin bakış açılarına göre mantıklı ve anlaşılabilir (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Krause, Kelly, Corkins, Tasooji, & Purzer, 2009). Öğrencilerin sahip oldukları farklı anlamalar birçok araştırmacı



tarafından farklı terimler kullanılarak adlandırılrsa da en yaygın haliyle kavram yanlışlığı (misconception) olarak literatürde yer almaktadır (Nakhleh, 1992). Bazı çevreler ise bireylerin sahip oldukları bu ön kavramaların ‘kavram yanlışlığı’ olarak adlandırılmasının uygun olmadığını savunmuşlar ve ‘alternatif kavramlar’ olarak adlandırılmasını öngörmüşlerdir (Driver & Easley, 1987; Dykstra, Boyle, & Monarch, 1992). Bu çalışmada öğrencilerin bilimsellikten uzak kavramaları en yaygın kullanım şekli olan ‘kavram yanlışlığı’ olarak adlandırılmıştır.

Kavramların bilimsel anlamda uygun kullanımını artırmada kavram yanlışlıklarının kaynağının ve özelliklerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Kavram yanlışlığı bilgi eksikliği ile eski ve yeni kavramlar arasında ilişki kurulamamasından kaynaklandığı gibi bireyin önceki yaşantısından edindiği bilgi ve deneyimler ile yeni bilginin yanlış yorumlanmasından da kaynaklanabilir (Krause vd., 2009). Bu türden yanlış kavramalar fenin diğer alanlarında olduğu kadar kimya alanında da sıklıkla gözlenmektedir. Kimya kavramlarını anlamayı zorlaştıran birtakım unsurlar vardır. Bunlardan ilki bireyin günlük yaşantısından edindiği deneyimlerle ilişkilidir. Örneğin, enerji, erime, çözünme gibi birtakım kimyasal terimler günlük yaşamda da yaygın olarak kullanılmaktadır; ancak bu kavramların günlük yaşamda kullanılışı ile kimyasal bir terim olarak kullanılışı farklılık göstermektedir. Bazı kimya kavramlarının günlük yaşamda kullanılması öğrencilerde kavram yanlışlığı oluşumuna sebep olabilmektedir (Boo, 1998). Kavram yanlışlığı oluşumunu tetikleyen bir diğer unsur ise öğretmenin sınıf içerisinde kullandığı öğretim stratejileri ve teknikleridir (Fisher, 1985). Öğretmenlerin kimyasal olaylardan bahsederken bilimsel bir dil kullanması oldukça önemlidir. Örneğin, öğretmen su molekülünü açıklarken ‘su oksijen ve hidrojen içerir’ ifadesini kullanırsa, yeterli ön bilgiye sahip olmayan öğrenciler suyu oksijen ve hidrojenlerden oluşan bir karışım olarak algılayabilirler (Andersson, 1986). Kavram yanlışlığı oluşumuna etki eden unsurlardan biri de kimya derslerinde okutulan ders kitaplarıdır (De Posada, 1999). Kimya konuları genel olarak anlaşılması zor soyut kavramlar içermektedir. Kimyanın bu doğal yapısı da kavram yanlışlığı oluşumuna yol açmaktadır (Gabel, 1999).

Öğrencilerde rastlanan bu kavram yanlışlıklarının ortaya çıkarılarak giderilmesine çalışılması kimya kavramlarının bilimsel olarak kullanımını sağlamada önemlidir. Kavram yanlışlıkları ön sınıf tartışması, mülakat, kavram haritası, kâğıt-kalem testi gibi yöntemler kullanılarak tespit edilebilir. Sözlü ve yazılı yöntemleri bir arada kullanmak kavram yanlışlıklarının ortaya çıkarılmasında daha güvenilir sonuçlar vermektedir (Krause vd., 2009; Schmidt, 1997). Kâğıt-kalem testleri çoktan seçmeli test, iki basamaklı çoktan seçmeli test ya da açık uçlu sorulardan oluşabilir. Her bir çoktan seçmeli test maddesinde bir doğru cevap ve öğrencilerde rastlanabilecek kavram yanlışlıklarını içeren üç ya da dört çeldirici bulunmaktadır (Bilgin & Geban, 2006; Pınarbaşı, Canpolat, Bayrakçeken & Geban, 2006). İki basamaklı çoktan seçmeli testlerde ise her bir test maddesinin ilk basamağı, iki, üç ya da dört seçenekten oluşan bir soru içerirken ikinci basamağı birinci basamağa verilen cevaba muhtemel nedenleri içerir. İki basamaklı sorularda, ikinci basamak açık uçlu ya da çoktan seçmeli formatta olabilmektedir (Özmen, Demircioğlu, & Demircioğlu, 2009; Tan, Taber, Goh, & Chia, 2006). Bu gibi yöntemler kullanılarak, öğrencilerin kimya konularında sahip oldukları kavram yanlışlıkları tespit edilmiştir (Garnett, Garnett, & Hackling, 1995).

Kavram yanlışlıklarının sıklıkla görüldüğü konulardan biri de kimyasal değişim konusudur (Barker & Millar, 1999; Eilks, Moellering & Valanides, 2007). Kimyasal değişim ile ilgili kavramların anlaşılmasında maddenin tanecikli yapısının göz önünde bulundurulması oldukça önemlidir. Maddenin tanecikli yapısının soyut olması nedeniyle, öğrencilerde kimyasal değişim konusunda kavram yanlışlıkları gözlemlenmektedir. Kimyasal değişim konusu İlköğretim Fen ve Teknoloji Programı’nda ilk olarak 4. sınıfta bahsedilmekte (MEB, 2005), sonra sırasıyla ilköğretim 6. sınıfta ve 8. sınıfta (MEB, 2006) ve daha sonra da detaylı olarak ortaöğretim 9. sınıf Kimya Dersi Öğretim Programı’nda (MEB, 2011) anlatılmaktadır.

Ancak, kimyasal değişim konusu diğer kimya konularının da anlaşılmasında önemli temel kavramları içermektedir. Kimyasal değişim konusuna ilişkin kavramlar öğretilirken bu kavramların hem makroskobik hem de mikroskobik boyutta ele alınmasına dikkat edilmesi son derece önemlidir. Makroskobik açıdan, kimyasal değişim başlangıçtaki maddelerin gözden kaybolması ve yeni maddelerin ortaya çıkması olarak düşünülebilir. Öte yandan mikroskobik olarak, kimyasal değişim atomların yeniden düzenlenmesi olarak ifade edilebilir (Solsona, Izquierdo & de Jong, 2003; Stavridou & Solomonidou, 1998). Yapılan çalışmalar, öğrencilerin büyük bir kısmının kimyasal değişim ile fiziksel değişimi birbirinden ayırt etmede zorlandıklarını göstermiştir (Ahtee & Varjola, 1998; Eilks vd., 2007; Hesse & Anderson, 1992; Stavridou & Solomonidou, 1998). Bu güçlüğün başlıca nedeni ise öğrencilerin kimyasal değişimi tanecik boyutunda (mikroskobik olarak) düşünmemeleri, aksine kimyasal değişimi gözlenebilen birtakım özelliklerle (renk değişimi, gaz çıkışı, gibi) (makroskobik olarak) açıklamalarıdır. Hâlbuki gözlenebilen değişiklikler (renk değişimi gibi) hem fiziksel hem de kimyasal değişimde görülebilmektedir. Ayrıca bazı öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişimi birbirinden ayırt etmede kullandıkları kriterler yeterli değildir (Palmer & Treagust, 1999). Örneğin, bazı öğrenciler kimyasal değişim olabilmesi için başlangıçta iki maddenin olması gerektiğini düşünürken bazı öğrenciler ise yeni bir maddenin oluşması gerektiği görüşündedirler. Öğrencilerin yeni maddeden neyi kast ettiklerinin de açığa kavuşturulması önemlidir çünkü bazı öğrenciler yeni maddeyi başlangıçtaki maddeden farklı olan madde olarak tanımlamaktadırlar. Bu durumda, bir tuzun suda çözünmesi sonucu oluşan tuzlu suyu öğrenciler yeni madde olarak düşünebilmektedir. Fiziksel ve kimyasal değişimi ayırt etmede öğrencilerin sıklıkla kullandıkları bir diğer yetersiz kriter de ‘geri dönüşüm’dür (Eilks vd., 2007; Johnson, 2000). Halbuki bütün fiziksel değişimlerde ve bazı kimyasal değişimlerde geri dönüşüm mümkündür.

Yapılan uluslararası çalışmalar öğrencilerin kimyasal değişim ile ilgili kavram yanlışlarını ortaya koymuştur (Ahtee & Varjola, 1998; Andersson, 1986; Barker & Millar, 1999; Hesse & Anderson, 1992; Johnson, 2000; Reynolds & Brosnan, 2000; Solsona vd., 2003). Genel olarak, öğrencilerin mumun yanması (Reynolds & Brosnan, 2000), demirin paslanması gibi olayları yorumlamada ve kimyasal değişimlerde kütle korunumunu (Barker & Millar, 1999) açıklamada birtakım yanlışlarının olduğu görülmüştür. Öğrenciler kimyasal olayları tanecik boyutunda yorumlamada sorun yaşamışlardır ve yeteri kadar bilimsel açıklamalar yapamamışlardır. Ülkemizde öğrencilerin temel fen kavramlarını ya da kimya kavramlarını inceleyen bazı çalışmalarda az da olsa kimyasal değişim kavramlarına yer verilmiştir (Ayas & Demirbas, 1997; Birinci Konur & Ayas, 2008; Özmen, Karamustafalıoğlu, Sevim, & Ayas, 2002; Sökmen & Bayram, 1999). Uluslararası çalışma bulgularına paralel olarak, bu çalışmalarda da genel olarak, öğrencilerin özellikle de günlük hayatta yer alan fiziksel ve kimyasal olayları yorumlamada birtakım yanlışlarının olduğu tespit edilmiştir ve öğrencilerin kimyasal değişim kavramını yeteri kadar öğrenemedikleri sonucuna varılmıştır. Ayrıca, ülkemizde kimyasal değişim konusunda ilköğretim 6. sınıf öğrencileri (Ayvaci & Şenel Çoruhlu, 2009), ilköğretim 8. sınıf öğrencileri (Ardac & Akaygun, 2004), ortaöğretim 9. sınıf öğrencileri (Aslan, 2010) ve sınıf öğretmeni adayları (Demircioğlu, Özmen, & Demircioğlu, 2006) ile birtakım çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, Sökmen, Bayram ve Yılmaz (2000) 5, 8 ve 9. sınıf öğrencilerinin fiziksel değişim ve kimyasal değişim kavramlarını anlama seviyelerini araştırmıştır. Sonuçta, 5. sınıftan 9. sınıfa doğru öğrencilerin doğru yanıt sayısında bir artış görülmesine rağmen öğrencilerin verdikleri cevabın nedenine ilişkin yaptıkları açıklamaların bilimselliğinde aynı artış gözlemlenememiştir. Genel olarak, öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişim kavramlarının yüzeysel olduğu ve bazı öğrencilerde kavram yanlışlarının görüldüğü tespit edilmiştir. Şu ana kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde, ülkemizde ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin kimyasal değişim kavramlarını inceleyen çalışmalara literatürde pek rastlanamamıştır.

Ortaöğretim programında 10. sınıftan itibaren kimya konularının yoğunluğu artmakta ve öğrencilerin bu soyut konuları anlayabilmeleri için temel kimya kavramlarından olan kimyasal değişim konusunda yeterli bilgiye sahip olmaları gerekmektedir. Öğrenciler 10. sınıfa geldiklerinde kimyasal değişim konusunu hem ilköğretim 4, 6 ve 8. sınıf seviyesinde hem de ortaöğretim 9. sınıf seviyesinde görmüş olduklarından 10. sınıf öğrencilerinin bu konuda kavramlarının irdelenmesi önemlidir. Bu çalışmada 10. sınıf öğrencilerinin kimyasal değişim konusunda sahip oldukları kavramlar iki basamaklı test kullanılarak tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada öğrencilerin söz konusu kavramları okul türüne göre de karşılaştırılmıştır.

## YÖNTEM

Bu çalışmada deneysel olmayan nicel araştırma desenlerinden betimsel yöntem kullanılmıştır. Betimsel yöntem, mevcut durumu yansıtmayı esas alır (Fraenkel & Wallen, 2003).

### a) Örneklem

Araştırmanın örneklem grubu, Türkiye’de büyük bir şehirde bulunan iki farklı lisede öğrenim gören 10. sınıf öğrencileridir. Çalışmaya, 65’i Anadolu Lisesi ve 35’i Genel Lise öğrencisi olmak üzere toplam 100 öğrenci katılmıştır. Örneklemin %51’ini kız, %49’unu ise erkek öğrenciler oluşturmaktadır. Aynı çevrede bulunan okullara devam eden öğrenciler sosyo-ekonomik bakımdan orta düzeydeki ailelerden gelmektedirler.

### b) Veri Toplama Aracı

Bu çalışmada öğrencilerin kimyasal değişim konusundaki kavramlarını tespit etmek amacıyla iki basamaklı 10 soru içeren Kimyasal Değişim Kavram Testi (KDKT) kullanılmıştır (Kingir, Geban, & Gunel, 2013). Günlük hayatta karşılaşılan olaylarla ilgili her bir sorunun ilk aşamasında çoktan seçmeli bir soru sorulmuş, ikinci aşamada ise ilk aşamadaki soruya verilen cevabın nedeninin açıklanması istenmiştir. Çoktan seçmeli sorulardaki çeldiriciler öğrencilerin sahip olabileceği kavram yanlışlarını içerecek şekilde hazırlanmıştır. Testin güvenilirlik katsayısı 0.80 olarak bulunmuştur. Bu testte yer alan maddelerden biri Şekil 1’de gösterilmiştir.

7. 1 Çivinin paslanması nasıl bir olaydır?

- Fiziksel bir olaydır.
- Kimyasal bir olaydır.

7.2 Bir önceki soruya verdiğiniz cevabın nedenini açıklayınız.

.....

.....

**Şekil 1.** Kimyasal Değişim Kavram Testi Örnek Sorusu

### c) Uygulama

Ülkemizde, öğrenciler kimyasal değişim kavramları ile ilk olarak ilköğretim seviyesinde karşılaşmakta ve daha sonra ortaöğretim 9. sınıfta bu konuyu ayrıntılı olarak görmektedirler. Bu durumda 10. sınıfa gelen bir öğrenci kimyasal değişim konusunda formal bir eğitim sürecinden geçmiş olmaktadır. Araştırmacılar için uygunluğu göz önünde bulundurularak seçilen bir Anadolu Lisesine ve bir Genel Liseye devam eden 10. sınıf

öğrencilerine Kimyasal Değişim Kavram Testi eğitim-öğretim yılının başında uygulanmıştır. Öğretmenler ile yapılan informal görüşmeler ve öğretmenlerin ders planlarının incelenmesi sonucunda, iki okulda da kimya öğretmenlerinin 9. sınıfta kimya derslerinde geleneksel yaklaşımı takip ettikleri sonucuna varılmıştır. Buna göre, öğretmenler derslerinde düz anlatım, soru-cevap ve tartışma tekniklerine yer vermişlerdir. Okulun kimya laboratuvarını hiç kullanmayıp, nadiren sınıf içerisinde gösteri deneyleri yapmışlardır. Ülkemizde, her ne kadar son yıllarda yapılandırmacı öğrenme teorisi esas alınarak öğrenci merkezli yaklaşımlara uygun olarak öğretim programları değiştirilse de (MEB, 2011) okullarda halen bazı öğretmenler derslerinde geleneksel yaklaşımı takip etmektedir (Acat, Anılan, & Anagun, 2010).

#### d) Analiz

Kimyasal Değişim Kavram Testi'nde yer alan birinci basamaktaki sorular çoktan seçmeli olduğundan doğru cevaplar 1, yanlış olanlar ise 0 olarak puanlandırılmıştır. İkinci basamağa verilen yazılı cevaplar ya da açıklamalar; *tam anlama*, *kısmen anlama*, *kavram yanılığı* ve *anlamama* kategorilerinde değerlendirilmiştir. Açık uçlu soruların analiz edilmesinde bu tip kategoriler ulusal ve uluslararası çeşitli çalışmalarda da kullanılmıştır (Abraham, Gryzybowski, Renner, & Marek, 1992; Çalık, Ayas, & Ünal, 2006). Buna göre, öğrenci cevabı bilimsel bilgilerle tutarlılık gösteriyorsa *tam anlama*; bilimsel bilgilerle tam olarak tutarlı değil ve yüzeysel ifadeler içeriyorsa *kısmen anlama*; bilimsel bilgilerle çelişiyorsa *kavram yanılığı*; soru ile alakalı olmayan veya bilmiyorum şeklinde ifadeler içeriyorsa, soru tekrar edilmişse ya da cevap verilmemişse *anlamama* olarak kodlanmıştır. Bu kategorilerden *tam anlama* 2, *kısmen anlama* 1, *kavram yanılığı* ve *anlamama* da 0 olarak puanlandırılmıştır. Her bir soru için beklenen bilimsel doğru ifadeler Ek 1'de gösterilmiştir.

İkinci basamaktaki yazılı cevapların kodlanmasının ilk aşamasında birkaç öğrencinin yazılı cevapları araştırmacılar tarafından ayrı ayrı kodlanmıştır ve %90 oranında tutarlılık sağlanana kadar kodlamalar devam etmiştir. Sonrasında araştırmacılarından biri kodlama işlemini tamamlamıştır. Öğrencilerin Kimyasal Değişim Kavram Testi'ne verdikleri cevaplardan elde edilen veriler Bağımsız t-testi kullanılarak okul türüne göre karşılaştırılmıştır.

### BULGULAR ve YORUMLAR

Öğrencilerin Kimyasal Değişim Kavram Testi'ne verdikleri cevaplar analiz edilmiş ve sorulara ilişkin öğrenci cevap yüzdeleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde, soruların ilk basamağına verilen doğru cevap yüzdelerinin genel olarak yüksek olduğu görülmektedir. Ancak, her bir sorunun ikinci basamağına verilen cevaplardan elde edilen kategorilerin yüzdeleri incelendiğinde, öğrencilerin kimyasal değişim kavramlarını yeterince anlamadıkları ve kavram yanılıklarının olduğu gözle çarpmaktadır.

Birinci soruda öğrencilere mumun yanması olayının fiziksel mi yoksa kimyasal mı olduğu sorulmuştur. Öğrencilerin %90'ı mumun yanmasının kimyasal olduğunu düşünmüş olmasına rağmen bu olayın nedenine ilişkin açıklamaların ancak %9'u bilimsel bilgilerle tutarlılık göstermiştir ("Mum O<sub>2</sub> ile tepkimeye giriyor ve yapısı değişiyor"). Öğrencilerin çoğunluğu (%70) mumun yanma olayının nedenini açıklarken genelleme yoluna giderek ("Yanma olayları kimyasaldır") ya da geri dönüştürülemeyeceğini belirterek ("Eski haline geri dönmez") yeterince bilimsel olmayan yüzeysel cevaplar vermişlerdir. Anlamama kategorisinde olan üç öğrenci ise "Çünkü bir enerji harcanyor" şeklinde alakasız cevaplar vermişlerdir. Öğrencilerin %18'inin cevaplarında kavram yanılığı tespit edilmiştir. Mumun yanması olayının fiziksel olduğunu düşünen öğrencilerde rastlanan kavram yanılıkları şunlardır: "Sadece ısı yüzünden şekli değişir", "Mumu yaktıktan sonra mum erir ve tekrar

eski haline getirebiliriz”, “Mumun yanması sonucu yeni bir madde ortaya çıkmaz”, “Mumun yapısında bir değişiklik olmaz”, “Hal değiştirme olur”. Öte yandan mumun yanması olayını kimyasal olarak düşünen öğrencilerde de kavram yanılgıları görülmüştür: “Dış görünüşünde değişiklik meydana gelmediğinden kimyasal bir olaydır”, “Yanan fitil tekrar kullanılamaz, fitilin yapısında değişim meydana gelir”

**Tablo 1. Öğrencilerin Sorulara Verdikleri Cevap Yüzdeleri**

Sorular	I. Basamak		II. Basamak			
	D	Y	TA	K	KY	AN
1. Mumun yanması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	90	10	9	70	18	3
2. Buzun su haline gelmesi olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	99	1	38	56	4	3
3. Tuzun su içerisine atılarak karıştırılması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	97	3	43	41	12	4
4. Soğuk günde odanın camında su damlacıklarının oluşması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	100	0	24	45	9	22
5. Gümüş yüzüğün zamanla kararması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	85	15	39	37	9	15
6. Elektronik terazideki mum tutuşturulduğunda terazide okunan değer nasıl değişir?	36	61	6	10	45	39
7. Çivinin paslanması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	97	3	46	42	3	9
8. Çivi paslandığında kütlesi nasıl değişir?	65	31	29	8	22	41
9. Çivinin paslanması ile ilgili hangi ifadeler doğrudur?	56	38	10	32	13	45
10. Kibritin yanması olayı ekzotermik midir yoksa endotermik midir?	83	17	66	3	5	26

Not. D: Doğru, Y: Yanlış, TA: Tam Anlama, KA: Kısmen Anlama, KY: Kavram Yanılgısı, ANL: Anlamama

İkinci soruda öğrencilere buzun su haline gelmesi olayının fiziksel mi yoksa kimyasal mı olduğu sorulmuştur. Bu soruya sadece bir öğrenci yanlış cevap vermiştir. Doğru cevap veren öğrencilerin çoğunluğu tam anlama (%38) ve kısmen anlama (%56) kategorilerinde cevaplar verirken sadece 4 öğrencide kavram yanılgısı görülmüştür. Tam anlayan öğrenciler, “Buz sudan oluştuğundan dolayı buzun su olması durumunda maddenin yapısı değişmez” ve “Sıcaklık artınca buzdaki moleküller birbirlerinden uzaklaşarak sıvılaşır” gibi cevaplar verirken kısmen anlayan öğrenciler, “Hal değişimi olur” ve “Dış görünüşü değişir” gibi cevaplar vermişlerdir. Kavram yanılgısının görüldüğü öğrenciler ise “Buzu eski haline getiremeyiz” gibi cevaplar vermişlerdir. Anlamama kategorisinde olan öğrencilerin bir kısmı “Bir çözülme olduğunu düşünüyorum. O da kimyaya girer” gibi yanlış cevaplar verirken bir kısmı da herhangi bir açıklama yapmamıştır.

Üçüncü soruda tuz su içerisine atılıp karıştırıldığında nasıl bir değişim olduğu sorulmuştur. Tuzun suda çözünmesi olayının fiziksel ya da kimyasal olarak sınıflandırılmasında birtakım görüş ayrılıkları vardır (Palmer & Treagust, 1999). Ancak genel kabul gören görüş, tuzun suda çözündüğünde iyonlarına ayrıştığı, farklı bir maddeye dönüşmediği ve fiziksel yöntemlerle tuz ve suyun elde edilebilmesinden dolayı tuzun suda çözünmesinin fiziksel olduğu yönündedir. Tuzun suda çözünme olayını kimyasal olarak sınıflandıran bilim insanları ise, tuzun katı halde iken içerdiği iyonlar arasında güçlü iyonik

bağlar olduğunu ve elektriği iletmediğini; fakat tuzun suda çözündüğünde iyonlarına ayrıştığını, iyonlar arasında çekim kuvvetlerinin artık olmadığını ve tuzlu suyu elektriği iletmesinden dolayı da yeni bir madde olarak düşünmektedirler. Ülkemizde ilköğretim ve ortaöğretim okullarında öğrencilere tuzun suda çözünmesi fiziksel bir değişim olarak anlatılmaktadır. Bu nedenle de bu sorunun değerlendirilmesinde tuzun suda çözünmesi fiziksel olarak düşünülmüştür. Tuzun suda çözünmesi olayını 97 öğrenci fiziksel olarak sınıflandırırken sadece 3 öğrenci kimyasal olarak sınıflandırmıştır. Tuzun suda çözünmesini kimyasal olarak düşünen öğrencilerden ikisi bilimsel açıklamalarda bulunamamışlar, “Tuz çözünerek halini değiştirir” ve “Tuz eridiği zaman geri dönmez” cevaplarını vermişlerdir. Ancak bir öğrenci “Çözünme olayları kimyasaldır çünkü iyonlarına ayrılır ve yapısı değişir” şeklinde kısmen doğru bir açıklama yapmıştır. Tuzun suda çözünme olayını fiziksel olarak sınıflandıran öğrencilerden tam anlama seviyesinde olanlar (%43) “Tuz su içerisinde sadece çözünür, su buharlaştırıldığında tekrar tuz elde edilir” gibi; kısmen anlayanlar (%41) “Geri dönüşümü vardır” gibi; kavram yanlışlığı olanlar (%12) da “Tuz suyun içinde erir”, “Tuz parçacıkları sadece küçük parçalara ayrılmıştır. Buharlaştırma ile tuz aynı hale gelir” gibi açıklamalarda bulunmuşlardır. Anlamama kategorisinde bulunan öğrencilerin bir kısmı açıklama yapmazken bir kısmı da “Çayın sıcaklığıyla eriyor şeker” gibi alakasız cevaplar vermişlerdir.

Dördüncü soruda soğuk bir günde odanın camının iç yüzeyinde su damlacıklarının oluşmasının nasıl bir olay olduğu sorulmuştur. Öğrencilerin tamamı bu olayın fiziksel olduğunu belirterek doğru cevabı vermişlerdir. Fakat nedenine dair açıklamalar incelendiğinde öğrencilerin %24’ü tam anlama, %45’i kısmen anlama ve %9’u kavram yanlışlığı kategorisinde cevaplar vermişlerdir. Tam anlayan öğrenciler “Su buharı dışarıdaki soğuk havanın soğuttuğu cama çarpar. Burada yoğunlaşarak buhar suya dönüşür” gibi, kısmen anlayan öğrenciler “Hal değişimi olayıdır” gibi, kavram yanlışlığına sahip öğrenciler ise “Buz tutan camın üzerindeki buzun erimesiyle su damlacıkları oluşur”, “Gaz süblimleşerek sıvı hale geçmiştir” “Havanın su haline gelmesi olayı fiziksel bir olaydır” gibi cevaplar vermişlerdir. Anlamama kategorisinde bulunan öğrencilerin bir kısmı cevabı boş bırakırken bir kısmı da “Çünkü dışarısoğuk içerisi sıcak olduğundan sıcak soğuğu çektiği için” gibi yanlış cevaplar vermişlerdir.

Beşinci soruda gümüş yüzüğün kararmasının nasıl bir olay olduğu sorulmuştur. Bu soruya öğrencilerin %85’i doğru olarak ‘kimyasal’ cevabını vermişlerdir. Öğrenci açıklamalarının çoğunluğu tam anlama (%39) ya da kısmen anlama (%37) kategorisinde olup sadece %9’u kavram yanlışlığı kategorisindedir. Öğrencilerden tam anlayanlar “Gümüş havadaki maddelerle tepkimeye girerek kararmaya başlamıştır” gibi, kısmen anlayanlar “Kararma olayları kimyasaldır”, “Maddenin yapısı değişmiştir” gibi ve kavram yanlışlığı olanlar “Sadece dış görünüşü değişir”, “Özel bir sıvıyla tekrar eski haline döner”, “Yüzüğün yapısı değil dış görünüşü değişir”, “Molekül yapısında değişiklik olduğu için” gibi açıklamalarda bulunmuşlardır. Anlamama kategorisinde olan öğrenciler ya cevabı boş bırakmışlar ya da “Gümüş yüzük kararmasının nedeni çok fazla suya girip çıktığından fiziksel bir olaydır” gibi yanlış cevaplar vermişlerdir. Bazı öğrenciler de gümüşün havadaki oksijen ile tepkimeye girdiğini düşünmüşlerdir. Hâlbuki metalik gümüşün normal koşullarda sadece havadaki oksijen ile tepkimeye girmesi zordur (Watt, 2002). Gümüşün kararması olayı için ortamda oksijenin yanında mutlaka kükürtlü bileşiklerin ( $H_2S$ ) de olması gerekir. Oksijenli ortamda, metalik gümüş  $H_2S$  ile tepkimeye girerek kararır ( $Ag_2S$ ) (Suchocki, 2004).

Altıncı soru da birinci soru gibi mumun yanması ile ilgili olup şu soru sorulmuştur: Bir mum elektronik terazinin kefesine konularak tartılıyor ve sonra da tutuşturuluyor. Bir saat sonra terazide okunan değer ilk okunan değere göre nasıl değişir? Bu soruya öğrencilerin %36’sı ‘azalır’ doğru cevabını verirken, %61’i ‘değişmez’ cevabını vermiştir. Öğrencilerin %3’ü ise bu soruyu boş bırakmıştır. Bu soruya verdikleri cevaba ilişkin yapılan açıklamalar

incelendiğinde tam anlayan (%6) ve kısmen anlayan (%10) öğrenci yüzdelerinin oldukça düşük olduğu göze çarpmaktadır. Öğrencilerin önemli bir çoğunluğu kavram yanlışlığı (%45) ya da anlamama (%39) kategorisinde açıklamalarda bulunmuşlardır. Tam anlayan öğrenciler, “Mumun bir kısmı eridi bir kısmı yandı, o yüzden azalır”, “Yanma tepkimesi sonucu oluşan gaz havaya yayıldığı için mumdan geriye kalanların kütlesi azalır” gibi ve kısmen anlayan öğrenciler “Yanmayla kütle kaybı oluşur” gibi açıklamalarda bulunmuşlardır. Kavram yanlışlığı olan öğrencilerden mumun yandıktan sonra kütlelerinin değişmediğini belirtenler “Mum fiziksel bir değişmeye uğrar, bu nedenle kütlesi sabittir”, “Sadece şekli değişir”, “Mum yanmaz sadece erir. O yüzden değişmez” gibi yorumlar yaparken, mumun yandıktan sonra kütlelerinin azaldığını belirtenler “Mum erir ve kütlesi hafifler” , “İp yanar, kütlesi azalır”, “Yanarken içerisindeki ısıyı dışarı verir ve ısı azalır” gibi yorumlar yapmışlardır. Anlamama kategorisinde olan öğrenciler ise ya açıklama yapmamışlar ya “Mum dağılır” gibi alakasız cevap vermişler ya da “Kütlesi değişmez” diyerek sorunun birinci basamağına verdikleri cevabı tekrar etmişlerdir.

Yedinci, sekizinci ve dokuzuncu maddelerde demir çivinin paslanması ile ilgili sorular sorulmuştur. Yedinci soruda demir çivinin paslanması olayının fiziksel mi kimyasal mı olduğu sorulmuştur. Hemen hemen bütün öğrenciler (%97) ‘kimyasal’ seçeneğini işaretleyerek soruyu doğru olarak cevaplandırmışlardır ve öğrencilerin çoğunluğu tam anlama (%46) ve kısmen anlama (%42) kategorisinde açıklama yapmışlardır. Sadece 3 öğrencide kavram yanlışlığı tespit edilmiştir. Demir çivinin paslanması ve gümüş yüzüğün kararması olayı birbirine benzeyen olaylar olmasına rağmen öğrenci doğru cevap yüzdelerinde farklılık görülmektedir. Demir çivinin paslanması olayına öğrencilerin %97’si kimyasal cevabını verirken bu oran gümüş yüzüğün kararması olayında %85’tir. Bunun nedeni paslanma olaylarının kararma olaylarına nispeten daha fazla kimyasal değişimlere örnek olarak verilmesi olarak açıklanabilir. Öğrencilerden tam anlayanlar “Demir  $O_2$  gazı ile tepkimeye girer ve kimyasal bir tepkime gerçekleşir” gibi cevaplar vermişlerdir. Bu cevap bilimsel anlamda kabul edilebilir cevaba yakın olduğu için tam anlama kategorisinde değerlendirilmesine rağmen bu cevapta eksiklik vardır. Paslanmanın olabilmesi için ortamda hem  $O_2$  gazı hem de su (ya da nem) bulunması gerekir. Bunlardan herhangi biri eksik olduğunda paslanma gerçekleşmez (Suchocki, 2004). Hiçbir öğrenci cevabında paslanma olabilmesi için ortamda su (ya da nem) olması gerektiği yer almamıştır. Öte yandan kısmen anlayan öğrenciler “Paslanma olayları kimyasaldır” gibi ve kavram yanlışlığı olanlar “Kimyasal bir olaydır çünkü çivi güneşte durduğu zaman yanar ve paslanır”, “Oksitlenme zımpara ile düzelir” gibi ifadelerle düşüncelerini desteklerken anlamama kategorisinde olan öğrenciler ya hiç açıklama yapmamış ya da “Fiziksel çevreden etkileniyor” gibi yanlış cevaplar vermişlerdir.

Sekizinci soruda ise demir çivinin paslandığında kütlelerinin ilk durumuna göre nasıl değiştiği ile ilgili öğrenci düşüncelerini almak amaçlanmıştır. Bu soruda öğrencilerin %65’i doğru olarak ‘artar’ seçeneğini işaretlerken, %15’i ‘azalır’ ve %16’sı ‘değişmez’ seçeneklerini işaretlemişlerdir. Öğrencilerin işaretledikleri seçeneklere dair yaptıkları açıklamalar incelendiğinde ise tam anlayan (%29) ve kısmen anlayan (%8) öğrencilerin azınlıkta olduğu görülmektedir. Öğrencilerin %22’si kavram yanlışlığına sahip olurken önemli bir çoğunluğu (%41) demirin paslanmasında kütle değişimi ile ilgili bir fikir beyan edememiş ya da “Çivi uzun zaman açık havada kalınca paslanmaya başlar” gibi alakasız cevaplar vermişlerdir. Öğrencilerden tam anlayanlar “Fe elementi  $O_2$  ile bileşik oluşturduğu için artar” gibi açıklamalar yaparken, kısmen anlayanlar “Artar çünkü paslanma işleminde içine  $O_2$  de girer” gibi açıklamalar yapmışlardır. Bazı öğrencilerde, “Paslanınca sadece dış görünüşü değişir, kütlesi değişmez”, “Artar, üzerine fazladan bir kütle gelir”, “İçerisindeki oksijen miktarı artar”, “Azalır çünkü içindeki moleküller parçalanır”, “Azalır çünkü  $O_2$  ile tepkimesinde



sonra demirin bir kısmı uçar”, “Oksijen demirle etkileşime girince demirin bir kısmı çürür ve kütlesi azalır” gibi kavram yanlışları görülmüştür.

Dokuzuncu soruda ise öğrencilere iki kavram yanlışlığı ve bir doğru olmak üzere üç ifade verilmiş ve bunlardan hangisinin doğru olduğu sorulmuştur. Öğrencilerin %56’sı doğru olan “Çivinin pası temizlenirse, çivinin kütlesi ilk duruma göre daha hafif olur” ifadesini işaretlerken, diğer öğrenciler “Soğuk çivinin paslanmasına sebep olur” (%9) ve “Paslanma esnasında demir başka elementlere dönüşür” (%29) kavram yanlışlarını işaretlemişlerdir. Bir önceki soru gibi bu soruda da anlamayan öğrenciler önemli bir çoğunluğu oluştururken (%45), tam anlayan öğrenciler oldukça düşük olup (%10) kısmen anlayan öğrenci sayısı ise nispeten orta düzeydedir (%32). Öğrencilerden tam anlayanlar “Paslanırken demir ile oksijen tepkimeye girer, pas silindiğinde demirin de bir kısmı gider”; kısmen anlayanlar “Çivinin bir kısmı paslanır ve eğer o pası temizlersek geriye kalan kısmın kütlesi azalır” ve kavram yanlışlığı olanlar “Sıcaklık farkı çivide çatlaklar oluşturur ve paslanma kolaylaşır”, “Paslanmada çivi öz kaybeder. Başka elementlere dönüşür”, “Çivinin pası dış yüzeyinin deforme olması ile ilgilidir. Paslanan yerin de belirli bir kütlesi vardır” gibi ifadeler kullanırken anlamama kategorisinde olan öğrenciler ya cevabı boş bırakmışlar ya da “Soğuktan dolayı çivi paslanır” şeklinde cevaplar vererek sorunun birinci basamağında işaretledikleri ifadeyi tekrar etmişlerdir.

Son soru da yanma olayı ile ilgili olup öğrencilere kibritin yanma olayının ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğu sorulmuştur. Öğrencilerin çoğunluğu (%83) yanma olayının ekzotermik olduğunu düşünürken %17’si bu olayın endotermik olduğunu düşünmüştür. Tam anlayan öğrenciler (%66) “Isı ve ışık enerjisi açığa çıkar” gibi açıklamalar yaparken, kısmen anlayan öğrenciler (%3) “Yanma olaylarının hepsi ekzotermik” gibi genel ifadeler kullanmışlardır. Öğrencilerin sadece %5’inde kavram yanlışlığı görülmüş ve bu öğrenciler “Kibritin yanması için bir ısıya ihtiyaç vardır. Yani ısı alır, endotermiktir” şeklinde yorumlar yapmışlardır. Bazı öğrenciler (%26) ise ya hiç açıklama yapmamış ya da “Kibritin yanmasında kibrit bir süre sonra bitmeye başlar” gibi alakasız cevaplar vermişlerdir.

Öğrencilerin kimyasal değişim kavramlarını anlamalarında okul türüne göre farklılık olup olmadığı da bu çalışmada araştırılmıştır. Öğrencilere ait Kimyasal Değişim Kavram Testi (KDKT) verilerinin betimsel istatistik değerleri incelendiğinde Anadolu Lisesi’nde olan öğrencilerin (Ort.=19.12) Genel Lisede olan öğrencilere (Ort.=15.11) göre kimyasal değişim konusunda kavramları anlama düzeyleri daha yüksektir. Öğrenciler arasında okul türüne göre KDKT sonuçlarında anlamlı fark olup olmadığını tespit etmek amacıyla bağımsız t-testi yapılmıştır. Buna göre öğrencilerin kimyasal değişim kavramlarını anlama düzeyleri bakımından okul türüne göre anlamlı bir farklılık mevcuttur. Genel Lise ve Anadolu Lisesi öğrencileri arasında Anadolu Lisesi öğrencileri lehine istatistiksel olarak anlamlı fark vardır,  $t(98) = 5.11, p < 0.001, \alpha = 0.05$ .

Öğrencilerin KDKT’de yer alan sorulara verdikleri cevaplar analiz edilerek sorulara ilişkin öğrenci cevap yüzdeleri okul türüne göre karşılaştırılarak Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde Anadolu Lisesi öğrencilerinin kimyasal değişim kavramlarını Genel Lise öğrencilerine göre daha iyi anladıkları söylenebilir. Özellikle de bazı soru maddelerinde (4, 5, 7, 8 ve 9), tam anlayan öğrenci yüzdesinde okullara göre ciddi farklılıklar vardır. Genel Lise öğrencileri ile karşılaştırıldıklarında Anadolu Lisesi öğrencilerinin bu soru maddelerine verdikleri doğru cevap yüzdelerinin genellikle yüksek olması ile birlikte verdikleri cevabın nedenine ilişkin yaptıkları açıklamalar da oldukça bilimseldir. Bu görüş ile paralel olarak, Anadolu Lisesi öğrencilerinde rastlanan kavram yanlışları yüzdesi de Genel Lise öğrencilerinininkine göre daha düşüktür.

**Tablo 2.** Anadolu Lisesi (AL) ve Genel Lise (GL) Öğrencilerinin Sorulara Verdikleri Cevap Yüzdeleri

Sorular	Okul	I. Basamak		II. Basamak			
		D	Y	TA	K	KY	AN
1. Mumun yanması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	AL	94	6	8	72	17	3
	GL	83	17	11	66	20	3
2. Buzun su haline gelmesi olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	AL	100	0	39	54	4	3
	GL	97	3	37	60	3	0
3. Tuzun su içerisine atılarak karıştırılması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	AL	97	3	45	45	8	3
	GL	97	3	40	34	20	6
4. Soğuk günde odanın camında su damlacıklarının oluşması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	AL	100	0	29	55	2	14
	GL	100	0	14	26	23	37
5. Gümüş yüzüğün zamanla kararması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	AL	94	6	52	31	6	11
	GL	69	31	14	49	14	23
6. Elektronik terazideki mum tutuşturulduğunda terazide okunan değer nasıl değişir?	AL	34	66	5	12	46	37
	GL	40	60	9	6	43	43
7. Çivinin paslanması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	AL	98	2	57	35	2	6
	GL	94	6	26	54	6	14
8. Çivi paslandığında kütlesi nasıl değişir?	AL	71	29	40	8	12	40
	GL	54	46	9	9	40	43
9. Çivinin paslanması ile ilgili hangi ifadeler doğrudur?	AL	71	29	14	40	11	35
	GL	29	71	3	17	17	63
10. Kibritin yanması olayı ekzotermik midir yoksa endotermik midir?	AL	85	15	69	3	5	23
	GL	80	20	60	3	6	31

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada iki basamaklı test kullanılarak öğrencilerin kimyasal değişim konusunda sahip oldukları kavramları ortaya çıkarmak ve bu kavramların okul türüne göre farklılık gösterip göstermediğini incelemek amaçlanmıştır. Öğrencilerin soruların birinci basamağına ilişkin doğru cevap yüzdeleri genellikle yüksek olmasına rağmen ikinci basamağında verdikleri cevabın nedenine ilişkin yaptıkları açıklamalar incelendiğinde öğrencilerin kimyasal değişim kavramlarını tam olarak anlayamadıkları, bilgilerinin genellikle yüzeysel olduğu sonucu çıkarılabilir. Bu sonuç, sadece çoktan seçmeli test kullanarak öğrenci kavramlarının yeteri kadar anlaşılamayacağı fikrini desteklemektedir.

Öğrenciler, bir değişimin neden fiziksel ya da neden kimyasal olduğunu açıklarken genelleme yoluna giderek, bir yerde yanma, paslanma, kararma varsa kimyasal, hal değişimi ve çözünme varsa fiziksel değişim olduğunu ifade etmişlerdir. Genel olarak, öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişimi birbirinden ayırt etmede zorlandıkları görülmüştür. Bu bulgu önceki araştırma sonuçları ile tutarlılık göstermektedir (Eilks vd., 2007; Sökmen vd., 2000; Stavridou & Solomonidou, 1998). Öğrencilerin güçlük yaşama nedenlerinden en önemlisi öğrencilerin fiziksel ve kimyasal olayları tanecik boyutunda yorumlayamamalarıdır. Öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişimi gözlenebilen özelliklerden yola çıkarak ayırt etmeye çalışmaları onları kavram yanılgılarına sürüklemektedir. Bazı öğrenciler bir maddenin dış görünümünü değişmişse maddenin fiziksel değişime uğradığı yanılgısına düşmektedirler (Ayvacı & Şenel Çoruhlu, 2009). Örneğin bu çalışmada, öğrenciler mum yandığında, gümüş yüzük karardığında ve demir paslandığında dış görünüşleri değiştiği için bu değişimlerin fiziksel olduğu yanılgısına düşmüşlerdir. Fiziksel ve kimyasal değişimi ayırt etmede zorlanan öğrencilerin bir kısmı da 'geri dönüşüm' kriterini esas almaktadır (Palmer & Treagust, 1998). Bu öğrenciler bir olayda geri dönüşüm varsa fiziksel olarak yorumlarken geri dönüşüm olmadığında kimyasal olarak yorumlamaktadırlar. Hâlbuki birçok kimyasal olayın da geri dönüşümü vardır. Öğrenciler geri dönüşüm kriterini esas aldıklarında kavram yanılgısına düşebilmektedirler. Örneğin bu çalışmada, öğrenciler gümüş yüzüğün tekrar parlatılabileceğini ve paslı çividen pasın giderilebileceğini dolayısıyla bir geri dönüşümün olduğunu ve bundan dolayı da bu değişimlerin fiziksel olduğu yanılgısına düşmüşlerdir. Ayrıca, bir değişim sonucu yeni madde oluşuyorsa kimyasal, oluşmuyorsa fiziksel olduğunu

düşünen öğrenciler de kavram yanlışlığına düşebilmektedir (Palmer & Treagust, 1999). Örneğin bu çalışmada, bazı öğrenciler 'yeni madde' kavramını farklı şekilde anlamışlar ve bir çivinin paslandığında hala çivi olduğunu ve yeni madde oluşmadığını düşünmüşlerdir.

Görüldüğü gibi 10. sınıf öğrencileri kimyasal değişim kavramlarını hem ilköğretim seviyesinde hem de detaylı olarak 9. sınıf kimya derslerinde görmelerine rağmen öğrencilerde özellikle de bazı kavram yanlışlığı hala devam etmektedir. Öğrencilerin kimyasal değişimleri tanımada kullandıkları bazı kriterlerden (geri dönüşüm, dış görünüş değişikliği, yeni madde) dolayı birtakım yanlışlıklara düştükleri görülmektedir. Öğrencilerin hem ilköğretim hem de ortaöğretim seviyesinde eğitim almalarına rağmen kimyasal değişim konusunu iyi öğrenememe nedenlerinden biri de öğretmen faktörü olarak açıklanabilir. Öğretmenler öğrencilerde kavram yanlışlığı oluşumuna sebep olma potansiyeline sahiptirler (Fisher, 1985) çünkü öğretmenler nasıl biliyorsa öğrencilerine o şekilde öğretirler. Öğretmenlerin kimyasal değişim konusunda yanlışlıkların olmaması öğrenciler için oldukça önemlidir. Nitekim araştırma bulguları öğretmen adaylarında da birtakım kavram yanlışlıklarının olduğunu göstermektedir. Örneğin, Demircioğlu ve arkadaşlarının (2006) yaptıkları çalışmanın sonucu da söz konusu çalışmanın sonucu ile paralellik göstermektedir. Sınıf öğretmeni adayları günlük yaşamda karşılaştıkları olayları doğru bir şekilde fiziksel ya da kimyasal olarak kategorize ederken bu olayların nedenlerini bilimsel olarak açıklamada yetersiz kalmışlardır. Benzer şekilde, Özmen ve arkadaşlarının (2000) yaptıkları çalışmada da kimya öğretmen adaylarının fiziksel ve kimyasal değişim konusunda sorulan günlük olayları birbirinden ayırt edemedikleri ve verdikleri cevabın nedenini bilimsel gerçeklerle tutarlı bir şekilde açıklayamadıkları görülmüştür. Bu nedenle de öğretmen yetiştiren eğitim kurumlarında öğretmen adaylarında var olan kavram yanlışlıklarının dikkate alınması ve kavram yanlışlıklarının giderilmeye çalışılması ileride öğrencilerde oluşabilecek kavram yanlışlıklarının önüne geçme açısından son derece önemlidir. Ayrıca, öğretmenler kimyasal değişim konusunu öğretirken hem makroskobik hem de mikroskobik boyutta konuyu ele alırsa rastlanabilecek yanlışlıkların önüne geçebilir.

Bir diğer önemli husus da öğretmenlerin derse başlamadan önce öğrencilerin konu ile ilgili ne bildiklerini ortaya çıkarması ve derslerini buna göre planlamasıdır. Dahası, öğretmenler ile yapılan informal görüşmeler neticesinde öğretmenlerin 9. sınıfta ayrıntılı olarak bu konuyu işlerken geleneksel olarak düz anlatım yöntemi kullandıkları tespit edilmiştir. Bu sonuçlar kavram yanlışlıklarının geleneksel öğretim yöntemleriyle giderilmesinin güç olduğunu bir göstergesidir (Çalık, Kolomuç, & Karagölge, 2010; Pınarbaşı vd., 2006). Buradan hareketle öğrenci merkezli yaklaşımların ve Posner, Strike, Hewson ve Gertzog (1982) tarafından geliştirilen kavramsal değişim yaklaşımına dayalı öğretim metotlarının kimya derslerinde kullanılması önerilmektedir. Şu ana kadar yapılan araştırma bulguları kavramsal değişim yaklaşımına uygun stratejilerin öğrencilerde var olan kavram yanlışlıklarını büyük ölçüde giderdiği yönündedir (Çalık vd., 2010; Pınarbaşı vd., 2006; Yılmaz, Tekkaya, & Sungur, 2011).

Okul türleri karşılaştırıldığında, Anadolu Lisesi öğrencilerinin Genel Lise öğrencilerine göre daha bilimsel kavramlara sahip oldukları görülmüştür. Bu bulgu literatür tarafından da bir ölçüde desteklenmektedir (Sökmen & Bayram, 1999). Her iki lisede de geleneksel kimya öğretimi yapılmasına rağmen, Genel Lise öğrencilerinde Anadolu Lisesi öğrencilerine göre daha fazla kavram yanlışlığı görülmüştür. Bu durumun nedenlerinden biri, Anadolu Lisesi öğrencilerinin kimyasal değişim konusunu görmeden önce sahip oldukları ön bilgi düzeylerinin sınavla seçtikleri için farklılık göstermesinden kaynaklanabilir. Öğrenciler yeni bilgileri ön bilgileri üzerine inşa ettikleri için de sahip oldukları ön bilgiler öğrenmelerinde etkili olmaktadır (Driver & Bell, 1986). Anadolu Lisesi öğrencilerinin daha bilimsel kavramlara sahip olmalarının tek nedenini bu şekilde açıklamak yetersizdir. Farklılığın nedeni öğretmen faktörü olabileceği gibi, öğrencilerin kimya dersine yönelik motivasyonları ve tutumları gibi değişkenler de olabilir. Okullar arası farklılığın açıklanabilmesi için Anadolu Lisesi ve Genel Lise öğrenci sayısı artırılarak çalışmanın tekrarlanması ve çıkan sonucun nedenlerinin nitel yöntemlerle irdelenmesi tavsiye edilmektedir.

## 10<sup>th</sup> Grade Students' Conceptions about Chemical Change

Sevgi KINGİR<sup>1</sup> , Ömer GEBAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Assoc. Prof. Dr., Hacettepe University, Faculty of Education, Ankara-TURKEY

<sup>2</sup> Prof. Dr., Middle East Technical University, Faculty of Education, Ankara-TURKEY

**Received:** 28.09.2012

**Revised:** 06.01.2014

**Accepted:** 14.02.2014

The original language of article is Turkish (v.11, n.1, March 2014, pp.43-62, doi: 10.12973/tused.10102a)

**Key Words:** Chemical Change, Misconceptions, High School Students.

### SYNOPSIS

#### INTRODUCTION

The main aim of science education is the development of students' science literacy. One of the important characteristics of scientifically literate individual is the capacity to use scientific conceptions (Ministry of National Education, 2005). Some of students' conceptions are apart from scientifically accepted ones but they make sense for those students (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Krause, Kelly, Corkins, Tasooji, & Purzer, 2009). These kinds of ideas are often referred to as misconceptions (Nakhleh, 1992).

Misconceptions are often observed in chemistry as well as in the other science disciplines. Some potential sources that may lead to difficulties in grasping chemistry concepts are everyday life (Boo, 1998), instructional methods employed by the teacher (Fisher, 1985), textbooks (De Posada, 1999) and abstract nature of chemistry (Gabel, 1999). Identification and remediation of students' misconceptions ensure that important topics in chemistry can be clearly understood.

The first step in dealing with students' misconceptions is to identify them, which can be done in a variety of ways, such as pre-class discussions, interviews, paper and pencil tests or combinations of these methods. Using combinations of oral and written tests give more reliable results (Krause et al., 2009; Schmidt, 1997). Paper and pencil tests could be in the form of multiple-choice test; two-tier multiple-choice test; and open-ended questions. In multiple-choice tests, there is one correct answer and three or four distracters that reflect students' probable misconceptions reported in related literature and/or during interview sessions (Bilgin & Geban, 2006). In two-tier multiple-choice tests, first tier of each item consists of a question having two, three or four choices, and the second tier of each item consists of possible reasons for the answer given in the first tier. In a two-tier test item, the first tier measures the content knowledge; and the second tier measures the explanatory knowledge. The second tier could be in open-ended or multiple-choice format (Özmen, Demircioğlu, & Demircioğlu, 2009; Tan, Taber, Goh, & Chia, 2006).



Using various misconception identification methods, some studies have shown that students struggled with learning chemical changes and held some misconceptions (Barker & Millar, 1999; Eilks, Moellering, & Valanides, 2007). The concept of chemical change has macroscopic and microscopic domains needs to be considered for students' learning and classroom instruction. From a macroscopic point of view, chemical reactions can be considered as disappearance of starting substances and appearance of new substances. On the other hand, microscopic domain is related with the particles of matter. In a microscopic point of view, chemical reactions can be thought as the process of rearrangement of the atoms (Solsona, Izquierdo & de Jong, 2003; Stavridou & Solomonidou, 1998).

A number of international and national studies probed students' thinking about the chemical change at various grade levels (Ahtee & Varjola, 1998; Andersson, 1986; Ayas & Demirbas, 1997; Barker & Millar, 1999; Birinci Konur & Ayas, 2008; Reynolds & Brosnan, 2000; Özmen, Karamustafaloğlu, Sevim, & Ayas, 2002; Solsona et al., 2003; Sökmen & Bayram, 1999). These studies generally revealed that students' conceptions of chemical change were not satisfactory. Students had some difficulties in interpreting mass change in chemical reactions, explaining chemical change with particulate nature of matter and distinguishing between physical and chemical changes observed in daily life.

Based on the current literature, there are few studies investigating 10<sup>th</sup> grade students' conceptions of chemical change. Chemistry topics included in high school chemistry curriculum become more intense and concepts become more abstract beginning from 10<sup>th</sup> grade. In order to understand these chemistry topics, students need to have a thorough understanding of chemical change at 10<sup>th</sup> grade. Therefore, investigation of 10<sup>th</sup> grade students' conceptions of chemical change deserves attention.

## **PURPOSE of the STUDY**

This study aimed to determine students' conceptions about chemical change using a two-tier test and to investigate the differences in those conceptions with respect to school type.

## **METHODOLOGY**

The participants were 100 Grade 10 students attending to an Anatolian High School (65 students) and a General High School (35 students) in a larger city in Turkey. Based on our working school curriculum, chemical change concepts are taught students first at the elementary level and then at the 9<sup>th</sup> grade level in detail. A Chemical Change Concept Test (CCCT) was administered to the participants to explore their conceptions about chemical change that were expected to be taught. This test included 10 two-tier items developed by Kingir, Geban and Gunel (2013). In the first tier, a multiple-choice question was asked; in the second tier, the reason for preferring that choice was asked. Possible misconceptions were included in the alternatives of the multiple-choice test items. For the scoring process of the first tier items, each correct response was scored as 1, and each incorrect response was scored as 0. Students' written responses on the second tier of the test items were coded based on the criteria used in the relevant literature (e.g., Abraham, Gryzybowski, Renner, & Marek, 1992; Çalık, Ayas, & Ünal, 2006). If a student response was compatible with scientific understanding, it was coded as *sound understanding*; if it was including some acceptable ideas but not all or superficial ideas, it was coded as *partial understanding*; if it was not congruent with scientific understanding, it was coded as *misconception*; and if it was repeating a part or full of question, irrelevant, or if there was no response, it was coded as *no understanding*.

## FINDINGS

The percentages of students' responses to the first and second tier items of CCCT were shown in Table 1.

**Table 1.** *The Percentages of Students' Responses on CCCT.*

Items	1 <sup>st</sup> Tier		2 <sup>nd</sup> Tier			
	C	F	SU	PU	M	NU
1. What is the type of change when a candle burns?	90	10	9	70	18	3
2. What is the type of change when ice becomes water?	99	1	38	56	4	3
3. What is the type of change when a teaspoon of salt is added to a glass of water?	97	3	43	41	12	4
4. What is the type of change when water droplets are formed on the inside of the windows on a cold day?	100	0	24	45	9	22
5. What is the type of change when a silver ring tarnishes?	85	15	39	37	9	15
6. How does the displayed value change when a candle placed on an electronic balance is lighted?	36	61	6	10	45	39
7. What is the type of change when a nail rusts?	97	3	46	42	3	9
8. How does the weight of a nail change when it rusts?	65	31	29	8	22	41
9. Which statements are true for rusting?	56	38	10	32	13	45
10. Is burning a match exothermic or endothermic?	83	17	66	3	5	26

*Note.* C: Correct, F: False, SU: Sound Understanding, PU: Partial Understanding, M: Misconception, NU: No Understanding

As seen in Table 1, the proportions of students' correct responses given for the first-tier items were generally high. However, the proportions of the categories obtained from the second-tier items revealed that students had a difficulty in understanding the chemical change concepts. Some students had partial understanding, some had no understanding, and some held misconceptions when they were explaining the reason of their choice to the multiple-choice questions given in the first-tier items. The findings also revealed students' difficulties in discriminating between physical and chemical change. Those students' personal criteria for discriminating between those two was not satisfactory. Some students identified a phenomenon as physical if it is reversible, and some interpreted a change as chemical based on the observable indicators like color change, gas release or explosion; rather than interpreting a phenomenon considering particulate nature of matter. For example, when the students were asked the type of change when a silver ring tarnishes, many students claimed that's a physical change because it is easily reversible.

Students' conceptions of chemical change were also investigated with respect to school type in this particular study. Descriptive statistics revealed that students in Anatolian High School ( $M = 19.12$ ) had higher mean scores than those in General High School ( $M = 15.11$ ). The significance of this mean difference was tested using the independent t-test. The results indicated that there was a significant difference in the means scores of students with respect to school type,  $t(98) = 5.11$ ,  $p < 0.001$ ,  $\alpha = 0.05$ . The percentages of students' responses to the

first and second tier items of CCCT were analyzed for each school type and displayed in Table 2.

**Table 2.** Percentages of Anatolian High School (AHS) and General High School (GHS) Students' Responses on CCCT.

Items	School type	1 <sup>st</sup> Tier		2 <sup>nd</sup> Tier			
		C	F	SU	PA	M	NU
1. What is the type of change when a candle burns?	AHS	94	6	8	72	17	3
	GHS	83	17	11	66	20	3
2. What is the type of change when ice becomes water?	AHS	100	0	39	54	4	3
	GHS	97	3	37	60	3	0
3. What is the type of change when a teaspoon of salt is added to a glass of water?	AHS	97	3	45	45	8	3
	GHS	97	3	40	34	20	6
4. What is the type of change when water droplets are formed on the inside of the windows on a cold day?	AHS	100	0	29	55	2	14
	GHS	100	0	14	26	23	37
5. What is the type of change when a silver ring tarnishes?	AHS	94	6	52	31	6	11
	GHS	69	31	14	49	14	23
6. How does the displayed value change when a candle placed on an electronic balance is lighted?	AHS	34	66	5	12	46	37
	GHS	40	60	9	6	43	43
7. What is the type of change when a nail rusts?	AHS	98	2	57	35	2	6
	GHS	94	6	26	54	6	14
8. How does the weight of a nail change when it rusts?	AHS	71	29	40	8	12	40
	GHS	54	46	9	9	40	43
9. Which statements are true for rusting?	AHS	71	29	14	40	11	35
	GHS	29	71	3	17	17	63
10. Is burning a match exothermic or endothermic?	AHS	85	15	69	3	5	23
	GHS	80	20	60	3	6	31

According to Table 2, the percentage of students' correct responses given in the first tier items and scientific explanations written the second tier items were generally higher in AHS than in GHS. There were great differences in the proportion of students' sound understanding in the items 4, 5, 7, 8 and 9 across school type. In a similar vein, the frequency of misconceptions observed in AHS students were relatively less than those in GHS students.

## DISCUSSION, CONCLUSION and SUGGESTIONS

This study aimed to identify students' conceptions about chemical change using a two-tier test and to investigate the differences in those conceptions with respect to school type. Although the proportions of students' correct responses given for the first-tier items were generally high, the proportions of the sound understanding obtained from the second-tier items were generally low. This finding implies that it is not adequate to measure student understanding just by administering multiple-choice test items.

Students held some misconceptions related to chemical change although they were taught those concepts before 10<sup>th</sup> grade. Misconceptions were not abandoned by the learner completely (Garnett, Garnett, & Hackling, 1995). An important reason of having misconception is students' failure in interpreting the chemical change using the particulate nature of matter. Students must understand the interaction between the particles of matter and the arrangement of the atoms in a chemical reaction (Ahtee & Varjola, 1998). This finding implies that instructional strategies based on conceptual change approach needs to be followed for dealing with learning difficulties and misconceptions.

Due to the spiral nature of the Turkish chemistry curriculum, understanding of chemical change concepts at 9<sup>th</sup> grade enhances students' understanding of chemical reactions and chemical equilibrium concepts, which are the topics of higher-grade chemistry. Because students' prior learning affects their further learning, the teachers should be aware of students' prior learning and misconceptions. In order to consider students' misconceptions, the teachers

should know the possible misconceptions that their students can likely to have. The more the teachers are aware of their students' misconceptions, the more they could design classroom activities for the remediation of the specified misconceptions (Andersson, 1986).

Moreover, Anatolian High School students demonstrated significantly better understanding of the conceptions than General High School students did (Sökmen & Bayram, 1999). There were differences in the proportions of students' correct responses with respect to school type. One reason of this difference may be explained with the contribution of prior conceptions to the understanding of chemical change. This study recommends further investigations to explain the differences in students' conceptual understanding with respect to school type.



**KAYNAKLAR/REFERENCES**

- Abraham, M. R., Gryzybowski, E.B., Renner, J. W. & Marek, A. E. (1992). Understanding and misunderstanding of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 105-120.
- Acat, M. B., Anılan, H. & Anagun, S. S. (2010). The problems encountered in designing constructivist learning environments in science education and practical suggestions. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(2), 212-220.
- Ahtee, M. & Varjola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 20(3), 305-316.
- Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, 70(5), 549-563.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337.
- Aslan, S. (2010). Tartışma esaslı öğretim yaklaşımının öğrencilerin kavramsal algılamalarına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 18(2), 467-500.
- Ayas, A. & Demirbas, A. (1997). Turkish secondary students' conceptions of introductory chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(5), 518-521.
- Ayvacı, H. Ş. & Şenel Çoruhlu, T. (2009). Fiziksel ve kimyasal değişim konularındaki kavram yanlışlarının düzeltilmesinde açıklayıcı hikaye yönteminin etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28, 93-104.
- Barker, V. & Millar, R. (1999). Students' reasoning about chemical reactions: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 21(6), 645-665.
- Bilgin, İ. & Geban, Ö. (2006). The effect of cooperative learning approach based on conceptual change condition on students' understanding of chemical equilibrium concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 31-46.
- Birinci Konur, K. & Ayas, A. (2008). Sınıf öğretmeni adaylarının bazı kimya kavramlarını anlama seviyeleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 16(1), 83-90.
- Boo, H. K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 569-581.
- Çalık, M., Ayas, A. & Ünal, S. (2006). Çözünme kavramıyla ilgili öğrenci kavramlarının tespiti: Bir yaşlar arası karşılaştırma çalışması. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(3), 309-322.
- Çalık, M., Kolomuç, A. & Karagölge, Z. (2010). The effect of conceptual change pedagogy on students' conceptions of rate of reaction. *Journal of Science and Educational Technology*, 19, 422-433.
- Chandran, S., Treagust, D. F. & Tobin, K. (1987). The role of cognitive factors in chemistry achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 145-160.
- Demircioğlu, G., Özmen, H. & Demircioğlu, H., (2006). Sınıf öğretmeni adaylarının fiziksel ve kimyasal değişim kavramlarını anlama düzeyleri ve yanlışları. *Milli Eğitim Dergisi*, 170, 260-272.
- De Posada, J. M. (1999). The presentation of metallic bonding in high school science textbooks during three decades: science educational reforms and substantive changes of tendencies. *Science Education*, 83, 423-447.
- Driver, R. & Bell, B. (1986). Students thinking and the learning of science: a constructivist view. *School Science Review*, 67(240), 443-456.
- Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.

- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Philadelphia, PA: Open University Press.
- Dykstra, D. I., Boyle, C. F. & Monarch, I. A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, 76(6), 615-652.
- Eilks, I., Moellering, J. & Valanides, N. (2007). Seventh-grade students' understanding of chemical reactions: Reflections from an action research interview study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 271-286.
- Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: amino acids and traslation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 53-62.
- Fraenkel, J. R. & Wallen, N. E. (2003). *How to design and evaluate research in education* (5<sup>th</sup> ed.). Boston: McGraw Hill.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J. & Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
- Johnson, P. (2000). The development of children's concept of a substance: a longitudinal study of interaction between curriculum and learning. *Research in Science Education*, 35, 41-61.
- Kingir, S., Geban, O. & Gunel, M. (2013). Using the science writing heuristic approach to enhance student understanding in chemical change and mixture. *Research in Science Education*, 43(4), 1645-1663.
- Krause, S., Kelly, J., Corkins, J., Tasooji, A. & Purzer, S. (2009, October). Using students' previous experience and prior knowledge to facilitate conceptual change in an introductory materials course. Paper presented at the 39<sup>th</sup> ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Antonio, TX, USA.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2005). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi (6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*. Ankara, Türkiye: Yazar.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2006). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi (4 ve 5. sınıflar) öğretim programı*. Ankara, Türkiye: Yazar.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2011). *Ortaöğretim 9. sınıf kimya dersi öğretim programı*. Ankara, Türkiye: Yazar.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196.
- Özmen, H., Demircioğlu, H. & Demircioğlu, G. (2009). The effects of conceptual change texts accompanied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding. *Computers & Education*, 52, 681-695.
- Özmen, H., Karamustafaloğlu, S., Sevim, S., & Ayas, A. (2002, Eylül). Kimya öğretmen adaylarının temel kimya kavramlarını anlama seviyelerinin belirlenmesi. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Ankara.
- Palmer, B. & Treagust, D. (1996). Physical and chemical change in textbooks: an initial view. *Research in Science Education*, 26(1), 129-140.
- Pınarbaşı T., Canpolat, N., Bayrakçeken, S. & Geban, Ö. (2006). An investigation of effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understanding of solution concepts. *Research in Science Education*, 36, 313-335.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.

- Reynolds, A. J. & Walberg, H. J. (1992). A structural model of science achievement and attitude: An extension to high school. *Journal of Educational Psychology*, 84(3), 371-382.
- Reynolds, Y. & Brosnan, T. (2000). Understanding physical and chemical change: the role of speculation. *School Science Review*, 81, 61-66.
- Schmidt, H. (1997). Students' misconceptions - Looking for a pattern. *Science Education*, 81(2), 123-135.
- Solsona, N., Izquierdo, M. & de Jong, O. (2003). Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. *International Journal of Science Education*, 25(1), 3-12.
- Sökmen, N., Bayram, H. & Yılmaz, A. (2000). 5., 8., ve 9. Sınıf öğrencilerinin fiziksel değişim ve kimyasal değişim kavramlarını anlama seviyeleri. *M.Ü. Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12, 261-266.
- Sökmen, N. & Bayram, H. (1999). Lise 1. Sınıf öğrencilerinin temel kimya kavramlarını anlama düzeyleri ile mantıksal düşünme yetenekleri arasındaki ilişki. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16-17, 89-94.
- Stavridou, H. & Solomonidou, C. (1998). Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education. *International Journal of Science Education*, 20(2), 205-221.
- Suchocki, J. (2004). *Conceptual chemistry: Understanding our world of atoms and molecules*. San Francisco: Benjamin Cummings.
- Tan, K. C. D., Taber, K. S., Goh, N. K. & Chia, L. S. (2006). The ionisation energy diagnostic instrument: a two-tier multiple-choice instrument to determine high school students' understanding of ionization energy. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(4), 180-197.
- Watt, S. (2002). *Silver*. New York: Marshall Cavendish.
- Yılmaz, D., Tekkaya, C. & Sungur, S. (2011). The comparative effects of prediction/discussion-based learning cycle, conceptual change text, and traditional instructions on student understanding of genetics. *International Journal of Science Education*, 33(5), 607-628.

**Ek/Appendix 1. Her Soru İçin Beklenen Bilimsel Doğru İfadeler**

Sorular	Cevaplar	
	I. Basamak	II. Basamak
1. Mumun yanması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	Kimyasaldır.	Çünkü yapısında hidrokarbon bulunan mum havadaki oksijen ile tepkimeye girdiğinde karbondioksit ve su açığa çıkar.
2. Buzun su haline gelmesi olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	Fizikseldir.	Çünkü buz su hâline geldiğinde yapısı değişmez; buz da su da H <sub>2</sub> O moleküllerinden oluşur. Bir miktar buz yeterince ısı aldığıında moleküller arasındaki uzaklık artar ve suya dönüşür.
3. Tuzun su içerisine atılarak karıştırılması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	Fizikseldir.	Çünkü tuz suda çözündüğünde iyonlarına ayrışır, farklı bir maddeye dönüşmez ve fiziksel yöntemlerle tuz ve su elde edilebilir.
4. Soğuk günde odanın camında su damlacıklarının oluşması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	Fizikseldir.	Çünkü soğuk bir günde odanın içerisi sıcak dışarı ise soğuktur. Oda içerisinde oluşan su buharı dışarıdaki soğuk havanın soğuttuğu cama çarpar ve burada yoğunlaşarak buhar suya dönüşür.
5. Gümüş yüzüğün zamanla kararması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	Kimyasaldır.	Çünkü oksijenli ortamda, metalik gümüş havadaki H <sub>2</sub> S gazı ile tepkimeye girerek kararır.
6. Elektronik terazideki mum tutuşturulduğunda terazide okunan değer nasıl değişir?	Azalıdır.	Çünkü mum tutuşturulduğunda mumun bir kısmı erir bir kısmı da yanar. Yanma tepkimesi sonucu açığa çıkan karbondioksit gazı havaya karışacağından
7. Çivinin paslanması olayı fiziksel midir yoksa kimyasal mıdır?	Kimyasaldır.	Çünkü çiviye oluşturan demir metali nemli ya da sulu ortamda oksijen gazı ile kimyasal tepkimeye girer ve pası oluşturur.
8. Çivi paslandığında kütlesi nasıl değişir?	Artar.	Çünkü paslanma sonucunda çivi üzerinde biriken pasın bileşiminde hem demir hem de oksijen olduğundan pasın kütlesi tepkimeye giren demirin kütlesinden büyüktür.
9. Çivinin paslanması ile ilgili hangi ifadeler doğrudur?	Çivinin pası temizlenirse, çivinin kütlesi ilk duruma göre daha hafif olur	Pas temizlendiğinde bir miktar demir de çividen uzaklaşacağından çivinin kütlesi ilk durumuna göre daha hafif olur.
10. Kibritin yanması olayı ekzotermik midir yoksa endotermik midir?	Ekzotermiktir.	Çünkü kibrit yandığında ısı ve ışık açığa çıkar.