

## Üniversite Öğrencilerinin Kimyasal Tepkimeleri Tamamlama ve Kimyasal Tepkimeleri Sınıflandırma Konusundaki Kavramaları

### Undergraduates' Conceptions About Balancing Chemical Equations, and Chemical Reaction Classification

Hulusi ÇOKADAR\*

**ÖZ:** Bu çalışmanın amacı; üniversite öğrencilerinin kimyasal tepkimeleri tamamlama, ürünlerin fiziksel halini yazma ve tepkimeleri sınıflandırma konusundaki kavrayışlarını belirlemektir. 2009–2010 eğitim-öğretim yılı güz dönemi sonunda yapılan bu çalışmaya Fen Bilgisi Öğretmenliği birinci sınıf öğrencileri (n=99) katılmıştır. Veri toplama aracı olarak açık uçlu 10 soru içeren bir ölçme aracı kullanılmıştır. Katılımcılardan ilk bölümdeki yazılı kimyasal tepkimeleri sınıflandırmaları istenmiştir. Aynı zamanda ikinci bölümde verilen kimyasal tepkimeleri tamamlamaları, ürünlerin fiziksel hallerini belirtmeleri ve bu tepkimeleri sınıflandırmaları istenmiştir. Verilerin analizinde nitel analiz yöntemi kullanılmış ve çalışmanın bulgularına ait sonuçların dağılımı yüzde olarak sunulmuştur. Ölçme aracının iki bölümündeki tepkimeler öğrenciler tarafından sırasıyla %92 ve %54 oranında doğru olarak sınıflandırılmıştır. İkinci bölümdeki tepkime ürünlerinin formülleri öğrencilerin %56'sı tarafından doğru yazılmıştır. Sonuçlar, öğrencilerin ürünlerin formül ve fiziksel halleri ile ilgili yanlış kavramalara sahip olduklarını göstermiştir.

**Anahtar sözcükler:** tepkimeler, sınıflandırma, üniversite öğrencileri, kavrama, maddenin fiziksel halleri

**ABSTRACT:** The aim of this study is to examine the undergraduate students' perceptions about completion and classification of chemical reactions. This study has been conducted in a science education department with the participation of first-year students (n=99) in Turkey during 2009–2010 schooling year. Data were collected by an instrument consisting of ten open-ended questions. Participants were asked to classify chemical reactions in the first section. In the second section, they were asked to complete the chemical reactions by means of writing the formulas and the physical states of products. Lastly, they were asked to classify them. Data were analyzed by qualitative methods, and the findings were presented in percentage. The chemical reactions in the first and second sections of instrument were classified by participants in the rates of 92% and 54%, respectively. The formulas of products in the second section of instrument were written by them in the rate of 56%. The results of this study have revealed that participants have misconceptions about formulas and physical states of products.

**Keywords:** chemical reactions, classification, undergraduates, conception, the states of matter

## 1. GİRİŞ

Kimyasal tepkimeler kimyada merkezi konumdadır ve genel kimya derslerinde kimyasal tepkimeleri ifade eden eşitliklerin denkleştirilmesi konusunu kapsar. Öğrenciler kimya ders içeriğini alıştırma ve deneyler yaparak veya gözlemleyerek kimya derslik ve laboratuvarlarında öğrenirler. Kimya öğretiminde konu alanındaki kavramlarla ilgili açıklamalar ve öngörüler; makro, mikro–altı ve sembolik olmak üzere üç düzeyde ifade edilir (Gabel 1999; Johnstone 1991). Kimyasal maddeleri, kimyasal işlemleri ve kimyasal etkileşimleri sınıflandırma kimya konularının öğretiminde kolaylık sağladığı gibi aynı zamanda gerektiğinde öğrencilerin bu kavramları hatırlamasını da kolaylaştırır. Kimyasal değişimler ve bazı kimyasal kavramlar (örneğin, tepkimeye girenlerle ürünlerin fiziksel halleri, tepkime koşulları gibi) tepkime denklemleriyle gösterilir. Öğrenciler kimya sınıflarında kuramsal olarak işlenen konularda madde ve maddenin değişimlerini sembolik düzeyde ve kısmen mikro–altı düzeyde öğrenirler. Öğrenciler aynı zamanda madde ve maddedeki değişimlerin makro düzeydeki gözlemlenebilir ve somut yönlerini; gündelik yaşamlarında ve özellikle kimya laboratuvarındaki çalışmalarla öğrenirler (Gabel 1999; Treagust et al. 2003).

\*Yrd.Doç.Dr. Pamukkale Üniversitesi, İlköğretim Bölümü. hcokadar@pau.edu.tr

Sınıflandırma sadece bilginin organize edilmesi bakımından değil aynı zamanda güçlü bir öngörü aracı olarak fen bilimlerinde merkezi rol oynar. Genel kimya derslerinde madde, kimyasal bağlar ve çözeltiler gibi birçok konuda sınıflandırma yapılır. Örneğin çözeltiler: seyreltik ve derişik çözeltiler; doymuş, doymamış ve aşırı doymuş çözeltiler; elektrolit çözeltiler ve elektrolit olmayan çözeltiler olarak farklı kategorilerdeki özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Bununla birlikte, öğrencilerin bu sınıflandırma şemalarını kullanım becerileri hakkında çok az sayıda çalışma bulunmaktadır: örneğin maddenin sınıflandırılması (Pozo 2001; Sanger 2000; Stains & Talanquer 2007; Tóth & Kiss 2006) ve tepkimelerin sınıflandırılması hakkında (Stains & Talanquer 2008). Diğer araştırmacılar öğrencilerin fizik ve kimya problemlerini (Chi et al. 1981) sınıflandırma yaklaşımlarını ve kimya kavramlarının (Kozma & Russell 1997) farklı kategorilerde ifade edilmesini karşılaştırmıştır. Ayrıca kimyasal bağ (Barker & Millar 2000; Birk & Kutz 1999; Coll & Treagust 2001), çözeltiler türleri (Çokadar 2010; Pınarbaşı & Canpolat 2003), fizik ve biyoloji konularında (Başer & Çataloğlu 2005; Yürük & Çakır 2000) öğrencilerin kavram yanılgıları araştırılmıştır. Bununla birlikte öğrencilerin, kimyasal maddeleri ve kimyasal etkileşimleri sınıflandırma stratejilerini keşfetmeye çok az önem verilmiştir (Stains & Talanquer 2008).

Kimya eğitiminde, deneyimsiz öğrencilerin kimya kavramlarını sınıflandırmada düşük başarı gösterdikleri bilinmektedir (Kozma & Russell 1997). Deneyimsiz öğrenciler bir problemi çözerken daha çok ilgili kavramın yüzeysel özelliklerini göz önüne alırlar (Chi et al. 1981). Bu durum, deneyimsiz öğrencilerin kimyasal maddeleri elementler, bileşikler ve karışımlar olarak sınıflandırırken kullandıkları gerekçelere dayandırılarak açıklanmaktadır (Stains & Talanquer 2007). Genellikle, öğrencilerin zihnindeki kavramlar arası (örneğin, atom–element, molekül–bileşik gibi) kuvvetli çağrışımlar olası ilişkilerin sayısını azaltır veya öğrencilerin kavramlar arasındaki (örneğin, bileşik–karışım gibi) ayrımı yapamamalarından kaynaklanır. Stains ve Talanquer'in (2008) çalışmasında; lisans ve lisansüstü program öğrencilerinden, asit–baz, çökeltme ve yükseltgenme–indirgenme tepkimelerinden seçilen tipik dokuz tepkimenin sınıflandırılması istenmiştir. Deneyimli öğrenciler bu tepkimeleri daha çok kimyasal davranışa dayalı kategoride sınıflandırmışlardır.

Kimyasal tepkimeler; sembolik, iyonik ve net iyonik denklemler şeklinde üç farklı şekilde yazılabilir. Sembolik düzeyde yazılan kimyasal tepkime denklemlerinde; reaktif ve ürünlerin sembol veya formülü, fiziksel halleri ve tepkimenin koşulları belirtilir (Gillespie et al 1986; McMurry & Fay 2004). Kimyasal maddelerin, kimyanın alfabesi sayılan sembol ve formül ile ifade edilmesi bu kavramların ne ölçüde öğrenildiğini ve öğrenci zihninde anlamlandırıldığını (şema oluşturulduğunu) gösterir. Bu çalışmanın amacı; genel kimya öğrencilerinin sembolik düzeyde ifade edilen kimyasal tepkimeleri sınıflandırma düzeylerini; kimyasal tepkimeleri tamamlama ve ürün fiziksel hallerini yazma ile ilişkili anlama düzeylerini belirlemektir. Öğrencilerden önce, sembolik düzeyde ifade edilen kimyasal tepkimeleri sınıflandırmaları istenmiştir. Daha sonra ise öğrencilerden; yazılı olarak tanımlanan kimyasal tepkimeleri sembolik düzeyde tamamlaması, denkleştirmesi, ürün fiziksel hallerini belirtmesi ve tepkimeleri sınıflandırmaları istenmiştir.

### 1.1. Kavramsal Çerçeve

Sınıflandırma, kavramların sınıflar veya kategoriler halinde düzenlenmesi temel kavramsal görev olarak tanımlanabilir. Bruner'e (1956) göre, böyle bir kavramsal işlem sonucu yapılan sınıflamayla çevremizdeki karmaşıklık azaltılırken, nesne ve olgularla ilişkili bilgiler organize edilerek öğrenmenin sürekliliği sağlanır. Murphy'e (2002) göre, sınıflandırma sürecinde geleneksel olarak üç yaklaşımdan biri izlenir: kurala dayalı yaklaşım, benzerliğe dayalı yaklaşım ve kurama dayalı yaklaşım (akt. Stains & Talanquer 2008). Kurala dayalı yaklaşımda, bir dizi gerekli ve yeterli özellikler belirlenir. Pek çok kavram bu şekilde açık olan tanımlamalarına göre sınıflandırılır. Açıkça tanımlanamayan birçok önemli kavramın

sınıflandırmasında kavramsal benzerliklerden yararlanır. Benzerliğe dayalı yaklaşımda, uyarıcı ve anımsanan bir kategorinin modelindeki benzerliklerden yararlanır. Deneyimsiz öğrenenler, sınıflandırma yaparken çoğu kez kurala dayalı algılanan özellikleri karıştırırlar. Şöyle ki, deneyimsiz öğrenenler öğrenme sırasında uyarıcı bir model olarak saklar ve yeni bir uyarıcı kategorize ederken kurallar yerine daha çok benzerliği kullanırlar. Kurama (bilgi) dayalı sınıflandırma yaklaşımında, çevremizdeki dünyaya anlam kazandıran kavramların izole edilerek öğrenilemeyeceği kabul edilir. Ön bilgi ve bağlamsal faktörler, öğrenenin bir sınıfı tanımlarken seçtiği özellikleri ve doğasını kuvvetle etkiler (Hayes et al. 2003), aynı zamanda bu kavramsal özelliklerin anlamlı kalıplara dönüşmesi de etkilenir (Palmeri & Blalock 2000).

Belli bir alanda uzmanlığın gelişimi, bireyin bir konudaki bilgisini organize etmesine ve bu bilgiyi çevresindeki dünyayı anlamada nasıl kullandığına bağlıdır (Glaser 1989). Böylece kurama dayalı yaklaşımdan deneyimli ve deneyimsiz öğrenenlerin yaptıkları sınıflamaların ayrılabilirliği beklenebilir. Bu alandaki araştırmalar deneyimsiz öğrenenlerin sınıflandırma şemalarını yüzeysel özelliklere dayandırdıklarını, uzmanlaşan öğrenenlerin ise yüzeysel özelliklerle birlikte temel kavramları da düşündüklerini göstermektedir (Day & Lord 1992). Problem çözümünde başarılı öğrenciler, gerek kitaptaki çözümlü problemleri çalışırken ve gerekse problem çözerken kendi kendine çok sayıda açıklama yaparlar. Başarısız öğrenciler ise yeterli açıklama yapmazlar ve öğrenme düzeylerini kontrol etmezler (Chi et al. 1989). Deneyimli ve deneyimsiz öğrenciler karşılaştırıldıklarında, deneyimli öğrencilerin daha stratejik davrandıkları, kendini düzenleyen ve yansıtıcı özelliklere sahip oldukları görülmektedir (Ertmer & Newby 1996). İlgili çalışmalar deneyimli öğrencilerin sınıflama sırasında, az sayıda fakat daha karma sınıflandırmalar yaptıklarını göstermektedir (Kozma & Russell 1997).

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Katılımcılar

Bu araştırma, 2009–2010 eğitim-öğretim yılı güz döneminde Fen Bilgisi Öğretmenliği birinci sınıfında *Genel Kimya Laboratuvarı I* dersine kayıtlı öğrencilerin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Üç şubedeki öğrenciler (n=66 bayan, %67; n=33 erkek, %33), 16–18 kişilik gruplar halinde haftada bir kez, iki ders saati laboratuvar dersine devam etmişlerdir. Genel Kimya I dersinde; maddenin özellikleri, bileşik formülleri ve adlandırma, kimyasal denklemler, atomun yapısı, periyodik tablo ve kimyasal bağlar gibi konular öğretilmektedir. Dersin ilk haftasında laboratuvardaki çalışma kuralları, kimyasal madde özellikleri ve tehlike sembolleri, laboratuvar kazalarına karşı alınacak önlemler açıklanmıştır. Daha sonra Genel Kimya I dersinde işlenen konulara uygun deneyler gösteri deneyi şeklinde veya 4–6 kişilik gruplar halinde aynı öğretim üyesi tarafından yaptırılmıştır.

### 2.2. Veri Toplama Aracı ve Veri Toplanması

Veri toplama aracı olarak açık uçlu 10 soru içeren bir ölçme aracı kullanılmıştır. Birinci bölümdeki beş soru Genel Kimya 1 ders kitaplarındaki tepkimelerden ve ikinci bölümdeki beş soru ise Genel Kimya Laboratuvarı I dersi kapsamında kimya laboratuvarında gerçekleştirilen tepkimelerden seçilmiştir. Birinci bölümde, öğrencilerden sembolik düzeyde ifade edilen kimyasal tepkimelerin sınıflandırılması istenmiştir. İkinci bölümde ise; öğrencilerden betimlenerek tepkimeye giren maddelerin sembolik düzeyde yazıldığı kimyasal tepkimeleri tamamlamaları, denkleştirmeleri, ürün fiziksel hallerini yazmaları ve tepkimeleri sınıflandırmaları istenmiştir. Bu sınıflandırmalar için seçilen kimyasal tepkimeler, kimyacıların asit–baz tepkimeleri, redoks (indirgenme–yükseltgenme) tepkimeleri ve çökeltme tepkimeleri olarak nitelendirdikleri tepkimelerdir. Araştırmada kullanılan soruların geçerlik, kapsam bakımından uygunluğu ve bunların cevapları, Genel Kimya dersini okutan üç öğretim üyesi tarafından kontrol edilmiş ve alınan dönütlere göre araştırmacı tarafından düzeltilmiştir. Ölçme aracı Fen Bilgisi Öğretmenliği ikinci sınıftaki 68 öğrenciye uygulanarak soruların öğrenciler

tarafından anlaşılabilirliği sınanmıştır. Hazırlanan ölçme aracı katılımcılara güz dönemi sonunda uygulanmış, soruların cevaplanması için 30 dakika süre verilmiş ve anlaşılmayan hususlar araştırmacı tarafından açıklanmıştır.

### 2.3. Verilerin Çözülmesi

Bu araştırmada nitel analiz yöntemi kullanılmıştır (Ekiz 2009; Yıldırım & Şimşek 2008). Verilerin çözülmesi esnasında şu adımlar izlenmiştir. (1) Katılımcılardan toplanan anket formlarına 1’den başlayarak 99’a kadar numara verilmiştir. (2) Tepkimeleri sınıflandırmaya ilişkin her bir soruya verilen doğru ve yanlış/boş cevaplar bilgisayar ortamında bir forma iki ayrı sütuna aktararak iki ayrı tema altında toplanmıştır. Bu temalardan biri; kimyasal davranışa dayalı sınıflandırma: asit-baz, redoks veya çökelme tepkimeleri ve diğeri ise; parçacık düzenlemeye dayalı sınıflandırma: birleşme, ayrışma veya yer değiştirme tepkimeleridir (Stains & Talanquer 2008). (3) İkinci bölüm sorularının cevapları “Anlama Düzeyi Ölçeği” ile kategorilere ayrıştırılarak bir forma işlenmiştir (Abraham et al. 1992). Bu kategoriler; tam anlama, kısmi anlama, yanlış kavram ve anlamama olup içerikleri aşağıda tanımlanmıştır.

- Tam anlama (TA): Geçerli cevabın bütün yönlerini içeren cevaplar (ürün formülleri, katsayılar ve fiziksel hallerinin doğru belirtildiği cevaplar),
- Kısmi anlama (KA): Geçerli cevabın bir yönünü içeren fakat bütün yönlerini içermeyen cevaplar (ürün formüllerinin doğru belirtildiği ancak katsayı veya fiziksel hallerin belirtilmediği, hatalı veya eksik belirtildiği cevaplar),
- Yanlış kavram (YK): Bilimsel olarak yanlış olan cevaplar (ürün formüllerinin hatalı veya eksik belirtildiği cevaplar),
- Anlamama (A): Boş bırakma, ilgisiz ya da açık olmayan cevaplar, tepkimeye girenlerin tekrar yazıldığı vb. cevaplar.

Bu çalışmada “yanlış kavram” terimi; çoğu öğrencinin yanlışlıkla verdiği cevap, öğrencilerin bir konu/olay hakkındaki hatalı fikri, öğrencilerin dünyanın işleyişi ile ilgili temel inanışları, bir kavramı öğrenmede çektiği zorluklar anlamında kullanılmıştır (Başer & Çataloğlu 2005). (4) Her bir soru için yanlış kavramlar ayrıntılı bir şekilde incelenerek başka bir forma aktarılmıştır. (5) Güvenirlik çalışması için bir kimya öğretim elemanı sözü edilen formlara kategorize edilerek işlenen cevapların, önceden oluşturulan cevap anahtarı ve ölçüte uygunluğunu kontrol etmiştir. Araştırmanın güvenilirliği,  $Güvenirlik = Görüş Birliği / (Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı)$  formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Araştırmacı ve kimya öğretim elemanının hesaplamaları; sınıflandırma, anlama düzeyleri ve yanlış kavramları için yüzde 90 üzerinde uyum sağlanmıştır (Miles & Huberman 1994). Katılımcıların doğru ve hatalı cevapları, anlama düzeyleri ve yanlış kavramlarına ait bulgular betimsel olarak (yüzde) ayrı tablolar halinde düzenlenmiştir. (6) Araştırmanın bulguları ayrıştırılan verilerle gerekli yerlerde doğrudan alıntılarla desteklenerek sunulmuştur. Bu alıntılar, *italik* yazıyla yazılmıştır. Doğrudan alıntılar katılımcı görüşlerini çarpıcı bir biçimde yansıtır (Yıldırım & Şimşek 2008). (7) Sunulan bulgular açıklanarak, ilişkilendirilmiş ve yorumlanmıştır.

## 3. BULGULAR

### 3.1. Tepkimelerin Sınıflandırılmasına İlişkin Bulgular

Kimyasal tepkimelerin sınıflandırılmasıyla ilgili doğru öğrenci cevaplarının yüzde (%) dağılımı Tablo 1’de verilmiştir. Öğrenci cevapları kimyasal bakımdan anlamlı iki başlık (kimyasal davranışa dayalı ve parçacık düzenlemeye dayalı) altında toplanarak sunulmuştur. Ölçme aracında yer alan 1, 4, 5, 7 ve 8. tepkimeler, öğrencilerin yarısından fazlası tarafından kimyasal davranışa göre sınıflandırılmıştır. Diğer tepkimelerin kimyasal davranış ve tanecik düzenlemesine göre sınıflandırılma oranları sırasıyla: 2. soruda (%47 ve %44); 3. soruda (%47 ve %26); 6. soruda (%16 ve % 34); 9. soruda (%47 ve %7) ve 10. soruda (%10 ve %25)

şeklinde. Öğrencilerin tepkimeleri doğru sınıflandırma oranları ilk beş tepkime (1–5) için %73–100 arasında değişirken, diğer beş tepkime (6–10) için %35–68 arasında değişmektedir. Öğrenciler ikinci bölüm tepkimelerinin sınıflandırmasında birinci bölüm tepkimelerine oranla daha düşük başarı göstermişlerdir.

**Tablo 1: Kimyasal Tepkime Sınıflandırmasına İlişkin Doğru Öğrenci Cevapları (n=99)**

| Tepkimeler  | Kimyasal Davranışa göre |           | Tanecik Düzenlemesine göre |           | Toplam %  |
|---|-------------------------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|
|   | Tepkime Türü            | %         | Tepkime Türü               | %         |           |
| S 1. $\text{Ba(OH)}_2 (\text{aq}) + 2 \text{HCl} (\text{aq}) \rightarrow \text{BaCl}_2 (\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{s})$ | Asit–baz                | 74        | Yer değiştirme             | 26        | 100       |
| S 2. $\text{Pb(NO}_3)_2 (\text{aq}) + 2\text{NaCl} (\text{aq}) \rightarrow \text{PbCl}_2 (\text{k}) + 2\text{NaNO}_3 (\text{aq})$     | Çökeltme                | 47        | Yer değiştirme             | 44        | 91        |
| S 3. $\text{Zn} (\text{k}) + 2 \text{HCl} (\text{aq}) \rightarrow \text{ZnCl}_2 (\text{aq}) + \text{H}_2 (\text{g})$                  | Redoks                  | 47        | Yer değiştirme             | 26        | 73        |
| S 4. $\text{NH}_3 (\text{g}) + \text{HCl} (\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} (\text{k})$                                     | Asit–baz<br>Çökeltme    | 52<br>10  | Birleşme                   | 38        | 100       |
| S 5. $\text{AgNO}_3 (\text{aq}) + \text{NaCl} (\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl} (\text{k}) + \text{NaNO}_3 (\text{aq})$             | Çökeltme                | 56        | Yer değiştirme             | 41        | 97        |
| <b>Birinci bölüm sorularının (1–5) ortalaması</b>   |                         | <b>57</b> |                            | <b>35</b> | <b>92</b> |
| S 6. $\text{Mg} (\text{k}) + \text{HCl} (\text{aq}) \rightarrow$  | Redoks                  | 16        | Yer değiştirme             | 34        | 50        |
| S 7. $\text{Zn} (\text{k}) + \text{CuSO}_4 (\text{aq}) \rightarrow$   | Redoks<br>Çökeltme      | 44<br>17  | Yer değiştirme             | 7         | 68        |
| S 8. $\text{NaHCO}_3 (\text{aq}) + \text{HCl} (\text{aq}) \rightarrow$  | Asit–baz                | 56        | Ayrışma                    | 5         | 61        |
| S 9. $\text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) + \text{BaNO}_3 (\text{aq}) \rightarrow$   | Çökeltme                | 47        | Yer değiştirme             | 7         | 54        |
| S 10. $\text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{k}) + \text{HCl} (\text{aq}) \rightarrow$   | Asit–baz                | 10        | Yer değiştirme             | 25        | 35        |
| <b>İkinci bölüm sorularının (6–10) ortalaması</b>   |                         | <b>38</b> |                            | <b>16</b> | <b>54</b> |

Üçüncü tepkimeyi öğrencilerin %47’si redoks tepkimesi olarak nitelerken bu tepkimenin benzeri olan altıncı tepkimeyi öğrencilerin %16’sı redoks tepkimesi olarak sınıflaması dikkat çekmektedir. Öğrencilerin açıklamaları; ‘ $\text{H}^+$  iyonu indirgendiği için redoks tepkimesidir’, ‘Magnezyum metali yüksüz iken (+) değerlikli olmuş, hidrojen iyonu başlangıçta (+) değerlikli iken yüksüz hale gelmiş yani indirgenmiştir’ şeklindedir. Üçüncü tepkimeyi yer değiştirme tepkimesi olarak sınıflandıran öğrenciler %26 oranında iken, altıncı tepkimeyi yer değiştirme tepkimesi olarak sınıflandıran öğrenciler %34 oranındadır. Öğrenciler altıncı tepkimeyle ilgili olarak; ‘Magnezyum, hidrojenden daha aktif olduğu için onun yerine geçerek klorla birleşmiştir’, ‘Magnezyum,  $\text{H}^+$  iyonundan daha aktif olduğu için  $\text{Cl}^-$  iyonunu yanına çeker, yer değiştirme olur’, ‘Magnezyum, hidrojenden aktif olduğu için aktif pasifi dışlar ilkesine göre magnezyum, hidrojeni dışlamıştır’ açıklamalarını yazmışlardır.

Yedinci tepkimenin redoks tepkimesi olduğunu belirten öğrenciler (%44); ‘Bakır +2’den 0 değerliğine indirgenmiş, çinko ise 0’dan +2’ye yükseltgenmiştir’, ‘Tepkimeye giren bileşiklerin değerlikleri değişmiş, elektron alışverişi olmuştur’, ‘Redoks tepkimesidir, çünkü yüksüz olan katı haldeki Zn iki elektron vererek yükseltgenmiş ve  $\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$  iki elektron alarak indirgenmiştir’ gibi açıklamalar yazmışlardır. Bu tepkimeyi çökeltme tepkimesi olarak sınıflandıran öğrenciler (%17); ‘Ürünlerden biri katı haldedir’ açıklamasını yazmışlar, yer değiştirme tepkimesi olduğunu belirten öğrenciler (%7) ise; ‘Çinko bakırdan daha aktiftir onunla yer değiştirir’ açıklamasını yazmışlardır. Öğrencilerin yarıdan fazlası (%56) sekizinci tepkimenin asit–baz tepkimesi olduğunu; ‘Tepkime asit–baz tepkimesidir, çünkü ürünleri tuz ve su şeklindedir’, ‘Tepkimeye giren maddeler asit ve bazdır. Ürün olarak da su ve  $\text{CO}_2$  oluşmuştur’ ve az bir kısmı (%5) ise ayrışma tepkimesi olduğunu belirtmiştir.

Dokuzuncu tepkimeyi öğrencilerin yarısından fazlası (%54) doğru sınıflandırmıştır. Öğrencilerin %47'si çökelme tepkimesidir: 'Tepkime sonunda dibe katı madde çöküyor', 'Ba<sup>2+</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> birleşerek BaSO<sub>4</sub> katısını oluşturuyor' ve %7'si yer değiştirme tepkimesidir: 'Çünkü sülfat ve nitrat iyonları yer değiştirir' şeklinde açıklama yazmışlardır. Onuncu tepkimeyi öğrencilerin sadece %31'i doğru cevaplayabilmiştir. Öğrencilerin %10'u herhangi bir açıklama yapmaksızın bu tepkimenin asit-baz tepkimesi olduğunu ve %25'i ise yer değiştirme tepkimesi olduğunu belirtmiştir. Yer değiştirme tepkimesi olduğunu belirten öğrencilerin görüşleri: 'Demir (+3) kationu hidrojen iyonu yerine geçmiştir', 'Demir hidrojenden daha aktif olduğu için onunla yer değiştirmiştir', 'Demir hidrojenden daha aktif olduğu için klorür iyonu hidrojenden ayrılıp demir atomu ile birleşmiştir', 'Aktif demir hidrojenin yerini alacak şekilde tepkimeye girer' şeklindedir.

Kimyasal tepkimelerin sınıflandırmasına ilişkin hatalı cevaplar Tablo 2'de sunulmuştur. Yüzde beşten daha az ortaya çıkan öğrenci hataları tabloda gösterilmemiştir. Öğrencilerin bazı tepkimeleri (6, 8 ve 10. soru) çökelme tepkimesi olarak nitelermeleri, tepkime ürünlerinin fiziksel halleri (katı, sıvı, gaz) hakkında kesin bilgi sahibi olmadıklarını veya çözünürlük kurallarını hatırlayamadıklarını göstermektedir. Öğrencilerin bazı tepkimeleri (3, 6 ve 7) birleşme tepkimesi olarak sınıflandırmasını, tepkimeye giren maddelerden birinin element halinde olması yönlendirmiş olabilir. Öğrencilerin bazı tepkimeleri (7, 8, 9 ve 10) cevaplayamadıkları ve boş bıraktıkları (%15, %17, %6 ve %24) görülmektedir.

**Tablo 2: Tepkimelerin Sınıflandırmasına İlişkin Hatalı Öğrenci Cevapları\* (n=99)**

| Tepkimeler   | Kimyasal Davranışa göre |         | Tanecik Düzenlemesine göre |    | Diğer        |    |
|--|-------------------------|---------|----------------------------|----|--------------|----|
|  | Tepkime Türü            | %       | Tepkime Türü               | %  | Tepkime Türü | %  |
| S 3. Zn <sub>(k)</sub> + 2 HCl <sub>(aq)</sub> → ZnCl <sub>2(aq)</sub> + H <sub>2(g)</sub> | Asit-baz                | 11      | Birleşme                   | 10 | —            | 0  |
| S 6. Mg <sub>(k)</sub> + HCl <sub>(aq)</sub> →   | Asit-baz<br>Çökelme     | 5<br>8  | Birleşme                   | 22 | Metal-asit   | 8  |
| S 7. Zn <sub>(k)</sub> + CuSO <sub>4(aq)</sub> →   | —                       | —       | Birleşme                   | 13 | —            | 15 |
| S 8. NaHCO <sub>3(aq)</sub> + HCl <sub>(aq)</sub> →  | Çökelme                 | 7       | Yer değiştirme             | 15 | —            | 17 |
| S 9. Na <sub>2</sub> SO <sub>4(aq)</sub> + Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2(aq)</sub> →         | Redoks                  | 20      | Birleşme                   | 20 | —            | 6  |
| S 10. Fe <sub>2</sub> O <sub>3(k)</sub> + HCl <sub>(aq)</sub> →                            | Redoks<br>Çökelme       | 7<br>20 | Ayrışma                    | 14 | —            | 24 |

\*%5'ten az tekrarlanan hatalı cevaplarda tepkime türü belirtilmemiştir.

Altıncı tepkime kimi öğrenciler (%22) tarafından; 'Magnezyum klor iyonları ile birleşip yeni bir madde oluşturmuş', 'Magnezyum klor ile birleştiğinden birleşme tepkimesidir' şeklinde düşünülerek birleşme tepkimesi olarak isimlendirilmiştir. Öğrencilerin bir kısmı (%8), 'MgCl<sub>2</sub> çöküyor ve hidrojen gazı açığa çıkıyor' ifadesiyle çökelme tepkimesi olduğunu açıklamış, bir kısmı (%8) asit-baz tepkimesi olduğunu ve diğerleri (%8) ise metal-asit tepkimesi olduğunu belirtmekle yetinmiş herhangi bir açıklama yazmamışlardır. Yedinci tepkimenin birleşme tepkimesi olduğunu yazan öğrenciler (%13); 'Sonunda bileşik olduğu için birleşme tepkimesidir', 'Bakır ve sülfat birleşir CuSO<sub>4</sub> katısını meydana getirir', 'Cu<sup>2+</sup><sub>(aq)</sub> ile SO<sub>4</sub><sup>2-</sup><sub>(aq)</sub> birleşerek CuSO<sub>4(aq)</sub> oluşturur' görüşlerini belirtmişlerdir. Bazı öğrenciler (%7) sekizinci tepkimeyi çökelme tepkimesi olarak sınıflandırarak; 'Girenler sulu çözelti halinde ama ürünlerde katı halde NaCl var', 'Çünkü bir miktar NaCl çökeleği oluşur' gerekçelerini ileri sürmüşlerdir. Öğrencilerin beşte biri dokuzuncu tepkimeyi redoks tepkimesi olarak; 'İyonlar birleştiği ve değerlikleri değiştiği için redoks tepkimesidir' ve diğer beşte biri de birleşme tepkimesi olarak nitelmişlerdir; 'İyonların birleşmesiyle yeni bir madde oluşur', '(+) ve (-) yüklü iyonlar birbirini çeker', 'Baryum ve sülfat iyonlarının birleşmesiyle BaSO<sub>4</sub> oluşmuştur.'

Öğrencilerden %7'si onuncu tepkimenin redoks tepkimesi olduğu düşüncesiyle; 'Demirin değeriği değişir', 'Çünkü demir elementi (+3) yüklüken yüksüz duruma geçmiş, indirgenmiştir', 'Çünkü demir indirgendiği redoks tepkimesidir' açıklamalarını yazarken, %14'ü ise ayrışma tepkimesi olarak sınıflandırmıştır. Öğrencilerin beşte biri çökelme tepkimesidir görüşünü benimseyerek: 'Çünkü ürünler kısmında demir (III) klorür katısı vardır', 'Su bileşiği oluşurken  $FeClO_{(k)}$  çökelmiştir' açıklamasını yazmıştır.

### 3.2. Denklem Tamamlama ve Ürün Fiziksel Hallerinin Yazımına İlişkin Bulgular

İkinci bölümdeki sorulara (6–10) ait cevapların öğrencilerin anlama yüzdelerine göre dağılımı Tablo 3'te verilmiştir. 'Tam anlama' kategorisinde ürün formülleriyle fiziksel hallerin doğru belirtilme oranları %3–40 arasında değişmiştir. Sadece ürün formüllerinin doğru belirtilme oranları ise (ilk iki kategorinin toplamı) %21–99 arasında değişmiştir. Öğrencilerin yarısından fazlasının (ortalama %56) bu bölümdeki tepkimelerde ürün formüllerini doğru yazabildikleri, yaklaşık yarısının ise 7 ve 10. tepkimeleri tamamlamada başarısız olduğu anlaşılmıştır.

**Tablo 3: Tepkimelerin Tamamlanmasına İlişkin Öğrenci Anlama Yüzdeleri\* (n=99)**

| Tepkimeler (Tamamlanmış şekilde)   | TA        | KA        | YK        | A         | Toplam   |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| S 6. $Mg_{(k)} + 2 HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$                 | 21        | 51        | 26        | 2         | 100      |
| S 7. $Zn_{(k)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(k)}$                 | 17        | 4         | 33        | 46        | 100      |
| S 8. $NaHCO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(s)} + CO_{2(g)}$ | 11        | 53        | 26        | 10        | 10       |
| S 9. $Na_2SO_{4(aq)} + Ba(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow BaSO_{4(k)} + 2 NaNO_{3(aq)}$  | 40        | 59        | 0         | 1         | 100      |
| S 10. $Fe_2O_{3(k)} + 6 HCl_{(aq)} \rightarrow 2 FeCl_{3(aq)} + 3 H_2O_{(s)}$      | 3         | 25        | 23        | 49        | 100      |
| <b>İkinci bölüm sorularının (6–10) ortalaması</b>                                  | <b>18</b> | <b>38</b> | <b>22</b> | <b>22</b> | <b>—</b> |

\*Tam Anlama (TA), Kısmen Anlama (KA), Yanlış Kavram (YK), Anlamama (A).

Not: Tepkimelerdeki *italik* yazılı ürünler kısmını öğrencilerin tamamlaması istendi.

İkinci bölümdeki (6–10) tepkimelerin tamamlanmasında ortaya çıkan yanlış kavramların dağılımı Tablo 4'te sunulmuştur. Ürün fiziksel halinin ve ürün formüllerinin hatalı belirtilmesi yanlış kavram olarak nitelendirilmiştir. Örneğin hidrojen gazı için  $H_{2(g)}$ , çözeltideki çinko iyonu için  $Zn^{2+}_{(aq)}$  ve element halindeki bakır için  $Cu_{(k)}$  sembollerinin kullanılmayışı gibi. Bazı ürün formülleri ( $MgCl$ , %22;  $H$ ,  $H^+$  veya  $H_2^+$ , %14;  $Cu^{2+}$ , %21;  $Zn$ ,  $Zn^+$ ,  $Zn^{3+}$  %40;  $FeCl_2$ , %20;  $FeCl$ , %7;  $FeClO$ , %12;  $O_2$ , %17) hatalı yazılmıştır.

**Tablo 4: Tepkimelerde Ürün Formülü ve Fiziksel Hal Yazımına ait Yanlış Kavramları\***

| Tepkimeler (Tamamlanmış şekilde)   | Ürün Formülü              | %  | Fiziksel Hal   | %  |
|--|---------------------------|----|----------------|----|
| S 6. $Mg_{(k)} + 2 HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$                 | $MgCl$                    | 22 | $MgCl_{2(k)}$  | 28 |
|  | $H$ , $H^+$ veya $H_2^+$  | 14 | —              | —  |
| S 7. $Zn_{(k)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(k)}$                 | $Cu^{2+}$                 | 21 | —              | —  |
|  | $Zn$ , $Zn^+$ , $Zn^{3+}$ | 40 | —              | —  |
| S 8. $NaHCO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(s)} + CO_{2(g)}$ | $H_2CO_3$                 | 22 | $NaCl_{(k)}$   | 42 |
| S 9. $Na_2SO_{4(aq)} + Ba(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow BaSO_{4(k)} + 2 NaNO_{3(aq)}$  | —                         | —  | $BaSO_{4(aq)}$ | 6  |
|  | —                         | —  | $NaNO_{3(k)}$  | 8  |
| S 10. $Fe_2O_{3(k)} + 6 HCl_{(aq)} \rightarrow 2 FeCl_{3(aq)} + 3 H_2O_{(s)}$      | $Fe$                      | 10 | $FeCl_{3(k)}$  | 8  |
|  | $FeCl_2$                  | 20 | —              | —  |
|  | $FeCl$                    | 7  | —              | —  |
|  | $FeClO$                   | 12 | —              | —  |
|  | $O_2$                     | 17 | —              | —  |

\*%5'ten az tekrarlanan yanlış kavramları verilmemiştir. Not: Tepkimelerdeki *italik* yazılı ürünlerin tamamlanması istenmiştir.

Benzer şekilde ürün fiziksel hali de ( $MgCl_2$ , %28;  $NaCl$ , %42;  $BaSO_4$ , %6;  $NaNO_3$ , %8) hatalı yazılmıştır. Ayrıca ürünün fiziksel hali, uygun sembol ile gösterilememiştir (örnek: altıncı tepkimede  $H_2$  molekülü yerine  $H$ ,  $H^+$ ,  $H_2^+$ ; yedinci tepkimede  $Cu$  yerine  $Cu^{2+}$  ve  $Zn^{2+}$  yerine  $Zn$ ,  $Zn^+$ ,  $Zn^{3+}$ ). Altıncı tepkimedeki ürünlerden biri olan hidrojen molekülü ve yedinci tepkimedeki ürünlerden element halindeki bakır, sırasıyla öğrencilerin %14'ü ve %21'i tarafından yanlış yazılmıştır. Sekizinci tepkimede karbonik asit ( $H_2CO_3$ ) öğrencilerin %22'si tarafından ürün olarak belirtilmiştir. Onuncu tepkimede, bir ürün olan su ( $H_2O$ ) yerine öğrencilerin %17'si oksijen ( $O_2$ ) yazmıştır. Bu tepkimedeki diğer ürün olan demir (III) klorür, öğrencilerin %49'u tarafından yanlış formüllerle ( $Fe$ ,  $FeCl_2$ ,  $FeCl$ ,  $FeClO$ ) ifade edilmiştir.

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Sembolik düzeyde gösterilmiş kimyasal tepkimeler ders kitaplarında farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Çalışmaya katılan öğrencilerin kullandıkları genel kimya ders kitabında (Akgün 2009:43) kimyasal tepkime türleri; birleşme, ayrışma, yer değiştirme, yanma, çökelme, asit-baz ve redoks (indirgenme-yükseltgenme) tepkimeleri olarak yedi başlık altında sınıflandırılmaktadır. Diğer genel kimya ders kitaplarında (Atkins & Jones 1998; McMurry & Fay 2004; Gillespie et al. 1986) ise kimyasal tepkimeler; redoks (indirgenme-yükseltgenme), asit-baz ve çökelme tepkimeleri olmak üzere üç ana başlık altında verilmektedir.

Öğrenciler, ölçme aracının birinci bölümündeki tepkimeleri –biri hariç– yüksek oranda (ortalama %92) doğru sınıflandırmalarına karşılık, ölçme aracının ikinci bölümündeki tepkimeleri daha düşük oranda (ortalama %54) doğru sınıflandırabilmişlerdir. İkinci bölümde verilen tepkimeleri tamamlayıp sınıflandırmaları öğrencilerden istendiği düşünülürse, tepkime ürünlerinin neler olacağı ve bunların formüllerinin nasıl yazılacağı hususundaki bilgi eksikliğinin (iyon yükleri, çözünürlük kuralları gibi) daha düşük oranda doğru cevapların ortaya çıkmasını açıklayabilir. Öğrencilerin; kimyasal davranışa dayalı sınıflandırmayı, birinci bölümde %57 ve ikinci bölümde %38 oranında; tanecik düzenlemesine dayalı sınıflandırmayı, birinci bölümde %35 ve ikinci bölümde %18 oranında kullandıkları görülmektedir. Ölçme aracı kimyasal tepkimelerin çökelme, redoks ve asit-baz türü tepkimelerden seçilmesi, her iki bölümde de öğrencilerin kimyasal davranışa dayalı sınıflandırmayı daha yüksek oranda kullanmalarına etkisi olabilir. Öğrencilerin tepkimelerde değerlik değişimi (bir elementin tepkimede reaktif veya ürün oluşu gibi) ve faz değişiminin farkında olmaları (çözünme, çökelme veya gaz çıkışı gibi) veya asidik/bazik özellikteki bileşikler tanımları tepkimeleri kimyasal davranışa dayalı sınıflandırmalarını kolaylaştırabilir. Bu temel bilgilerin etkili kullanılması, öğrencinin deneyimi ve geliştirdiği biliş ötesi stratejileri ile ilişkilidir (Day & Lord 1992; Ertmer & Newby 1996; Glaser 1989). Kullanılan ders kitabındaki tepkime sınıflandırmasının etkisiyle öğrencilerin verilen bazı tepkimeleri hatalı sınıflandırdıkları söylenebilir.

İkinci bölüme ait öğrenci cevaplarında ortaya çıkan ürün fiziksel hali ve ürün formülü yazımı başlıkları altında toplanan yanlış kavramları, öğrencilerin kimyasal tepkimelerde gerçekleşen maddenin içyapısındaki değişimleri (tepkimeye giren maddelerdeki bağların kopması ve oluşan yeni bağlar ile ürünlerin oluşumunu) anlamada zorlandıklarını göstermektedir. Tanecik düzenlemesine göre yapılan sınıflandırmada tepkimede açıkça görülebilen yüzeysel özellikler (parçacık yükü, maddenin fiziksel hali gibi) dikkate alınırken, kimyasal davranışa göre yapılan sınıflandırmada daha ayrıntılı bilgi (değerlik, elektron veya proton aktarımı, asit veya baz özelliği, çözünürlük kuralları, fiziksel hal gibi) kullanımına gereksinim duyulur. Kimya kavramlarını, özellikle kimyasal tepkimeleri anlamak orta öğrenim ve yükseköğrenim öğrencileri için zordur (Abraham et al. 1992; BouJaoude 1992). Kimyanın, bir tek modele (atom modeli) dayalı olması nedeniyle öğrenciler kimyasal tepkimelerden anladıklarını ifade ederken güçlük çekmektedirler. Öğrencilerde atom modeliyle ilişkili yaygın olan kavram yanlışları, onların atom ve molekül terimlerini yanlış kullanmalarına yol açmaktadır (Abraham et al. 1992). Tepkimelerin animasyonla görselleştirilen sembolik veya



mikro–altı düzeydeki gösterimlerini, deneyimli öğrenciler derin kavramsal kimya bilgilerini ve kimyasal kavramlarla ilişkili zihinsel modellerini kullanarak hayallerinde canlandırabilirken, deneyimsiz öğrenciler bu kimyasal kavramların yüzeysel özelliklerine veya tepkimelerin fiziksel özelliklerine dayalı anlamlandırmalar yaparlar (Kozma & Russell 1997). Diğer araştırmacılar da çalışmalarında benzeri sonuçları ifade etmişlerdir (Chi et al. 1981; Finney & Schwenz 2005; Stains & Talanquer 2007; Stains & Talanquer 2008).

Üniversite birinci sınıf öğrencilerinin tepkimeleri sınıflandırmada orta düzeyde başarılı olmalarına karşın üst sınıflardaki kimya öğrencilerinin başarılarının daha düşük olması, kimyasal sınıflandırma ile ilgili bilgi ve becerilerin anlamlı ve kalıcı şekilde öğrenilmediğini göstermektedir (Stains & Talanquer 2008). Kimyasal tepkimenin gerçekleşmesi sırasında etkileşen maddelerin içyapısındaki değişmeyi açıklayan temel tepkimelerin öğretilmesi öğrenciye genel bakış açısı kazandırarak; kimyasal değişimde her bir reaktifin kimyasal davranışının kavranmasını kolaylaştırabilir. Öğretmen veya öğretim elemanı kimya dersinde bazı kavramları ifade etmek için tahtaya bir şeyler yazarken, öğrenciler sadece –harfler, sayılar ve çizgilerden ibaret– yüzeysel özellikleri görürler (Bodner 1996). Öğretmen veya öğretim elemanı sınıfta diyagram ve diğer ifade şekillerini kullanırken bu ifadelerin dayandıkları belli başlı temel nedenleri de açıklamalıdır. Maddenin ortak özelliklerinden biri de onun tanecikli yapıda (atom, iyon ve molekül) olmasıdır. Gözle görülemeyen bu taneciklerin birbiriyle etkileşimlerini açıklamada kinetik ve çarpışma kuramı gibi bilimsel kuramlardan yararlanır. Laboratuvar deneyleriyle gerçekleştirilen kimyasal tepkimelerde gözlenebilen fiziksel değişmelerin (çökeltme, çözünme veya gaz çıkışı gibi faz değişimleri, renk değişimi) tartışılıp yorumlanması öğrencilerin kimyasal değişimi tanecik düzeyinde kavramasına yardımcı olabilir. Aynı zamanda farklı ünitelerde işlenen kavramların birlikte kullanımıyla öğrencinin öğretilen yeni konu bilgisini pekiştirmesine, kalıcı ve daha anlamlı öğrenmesine yardımcı olunabilir.

## 5. KAYNAKLAR

- 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.
- Akgün, A. (2009). Kimyasal Denklemler ve Hesaplamalar. (Ed. H. Bağ), *Genel kimya I* (3. baskı) (ss. 41–70). Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Atkins, P. W., & Jones, L. L. (1998). *Kimya: moleküller, maddeler ve değişimler* (Çeviri Editörleri: E Kılıç, F. Köseoğlu ve H. Yılmaz). Cilt 1, Ankara: Bilim Yayıncılık.
- Barker, V., & Millar, R. (2000). Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: What changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 22, 1171–1200.
- Başer, M. & Çataloğlu, E. (2005). Kavram değişimi yöntemine dayalı öğretimin öğrencilerin ısı ve sıcaklık konusundaki “yanlış kavramlar”ının giderilmesindeki etkisi. *H U Journal of Education*, 29, 43–52.
- Birk, J. P., & Kurtz, M. J. (1999). Effect of experience on retention and elimination of misconceptions about molecular structure and bonding. *Journal of Chemical Education*, 76, 124–128.
- Bodner, G. (1996). The role of representations in problem solving in chemistry. Paper appearing in New Initiatives in Chemical Education, an On-Line Symposium, Retrieved May 25, .2010, from <http://www.inform.umd.edu:8080/EdRes/Topic/Chemistry/ChemConference/ChemConf96/Bodner/Paper2.html>
- BouJaoude, S. B. (1992). The relationship between students' learning strategies and the change in their misunderstandings during a high school chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 687–699.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121–152.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145–182.

- Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*, 31, 357–382.
- Çokadar, H. (2010). First year prospective teachers' perceptions of chemical solution types and solubility. *Asian Journal of Chemistry*, 22, 137–147.
- Day, D. V., & Lord, R. G. (1992). Expertise and problem categorization—the role of expert processing in organizational sense-making. *Journal of Management Studies*, 29, 35–47.
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1996). The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflective. *Instructional Science*, 24, 1–24.
- Ekiz, D. (2009). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (2. baskı). Ankara: Anı Yayıncılık.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76, 548–554.
- Geban, Ö., & Bayır, G. (2000). Effect of conceptual change approach on students' understanding of chemical change and conservation of matter. *H U Journal of Education*, 19, 79–84.
- Gillespie, R. J., Humphreys, D. A., Baird, N. C., & Robinson, E. A. (1986). *Chemistry*. Boston: Allyn and Bacon Inc.
- Glaser, R. (1989). Expertise and learning: How do we think about instructional processes now that we have discovered knowledge structures? In D. Klahr & K. Kotovsky (Eds.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (pp. 269–282). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hayes, B. K., Foster, K., & Gadd, N. (2003). Prior knowledge and subtyping effects in children's category learning. *Cognition*, 88, 171–199.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75–83.
- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 949–968.
- McMurry, J., & Fay, R. C. (2004). *Chemistry* (4th ed.). New York: Prentice-Hall Inc.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Palmeri, T. J., & Blalock, C. (2000). The role of background knowledge in speeded perceptual categorization. *Cognition*, 77, B45–B57.
- Pınarbaşı, T., & Canpolat, N. (2003). Students' understanding of solution chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 80, 1328–1332.
- Pozo, R. M. (2001). Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*, 23, 353–371.
- Sanger, M. J. (2000). Using particulate drawings to determine and improve students' conceptions of pure substances and mixtures. *Journal of Chemical Education*, 77, 762–766.
- Stains, M., & Talanquer, V. (2007). Classification of chemical substances using particulate representations of matter: An analysis of student thinking. *International Journal of Science Education*, 29, 643–661.
- Stains, M., & Talanquer, V. (2008). Classification of chemical reactions: Stages of expertise. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 771–793.
- Tóth, Z., & Kiss, E. (2006). Using particulate drawings to study 13-17 year olds' understanding of physical and chemical composition of matter as well as the state of matter. *Practice and Theory in Systems of Education*, 1, 109–125.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25, 1353–1368.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (7. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yürük, N. ve Çakır, Ö. S. (2000). Lise öğrencilerinde oksijenli ve oksijensiz solunum konusunda görülen kavram yanlışlarının saptanması. *H U Journal of Education*, 18, 185–191.

## Extended Abstract

Chemical reactions are a central focus in the study of chemistry. Introductory chemistry courses include the topic of balancing the equations representing these chemical reactions. Students are familiar with the curriculum doing exercises and experiments, or viewing demonstrations in chemistry class and laboratory. Chemical reaction can be likened to a sentence. In a chemical reaction molecules break apart and recombine. In addition the rules for writing and balancing chemical equations are relatively simple. However, learning about chemical change is not as simple and straightforward as it seems (Geban & Bayır 2000). The nature of chemistry requires the concepts of chemistry should be thought in three representation levels. These forms of subject are (i) the macroscopic and tangible: what can be seen, touched and smelt; (ii) the sub-microscopic: atoms, molecules, ions and structures; and (iii) the representational (symbolic): symbols, formulae, equations (Gabel 1999; Johnstone 1991). The symbolic representation is applied to both the sub-microscopic and the macroscopic levels; moreover, the symbolic level bridges the two other levels.

Classification plays a central role in science, where it is used not only as a way to organize knowledge but also as a powerful predictive tool. In particular, chemistry educators or teachers rely heavily on classification systems in their everyday work, classifying substances, chemical bonds, or solutions. For example solutions are classified such as; dilute and concentrated solutions; unsaturated, saturated and supersaturated solutions; electrolyte and non-electrolyte solutions. Although very little is known about students' ability to use and apply these classification schemes, sufficient attention has not been given to exploring chemistry learners' misconceptions about classifying chemical reactions. A conceptual knowledge structures called schemas are used by experts to recognize, mentally represent, and solve problems. Experts in all scientific disciplines have more schemas, and better organized and more accessible ones, than novices do (Kozma & Russell 1997). Many of novices based their classification schemes on the identification of surface features and failed to create chemically meaningful classes (Stains & Talanquir 2008). The more advanced undergraduates and the experts were more successful in using their schematic knowledge to build chemically meaningful categories for the reactions.

The aim of this study was to examine the first-year undergraduates' perception levels about completion chemical equations and classification of chemical reactions. An instrument containing 10 open-ended questions was administered to the undergraduates (n=99) at the end of fall semester in the Faculty of Education at Pamukkale University during 2009–2010 schooling year. The written responses were analyzed qualitatively. Participants were asked to classify the chemical reactions represented at the symbolic level in the first part of instrument. They were asked to complete the chemical equations in the second part through writing the formulas and the physical states of products and classifying them. The first five reactions were selected corresponded to typical textbook-type reactions from general chemistry textbooks. The second five reactions were selected from general chemistry laboratory experiments that were carried out. All of the reactions were belonging to acid-base, reduction-oxidation, or precipitation reactions types. From a chemical standpoint, these reactions could be classified either as: (i) based on *chemical behavior*; acid-base, reduction-oxidation, or precipitation reactions; or (ii) based on *particle rearrangement*; addition or combination, displacement (single or double) or exchange (Stains & Talanquir 2008).

Students' perception levels were analyzed in five categories by means of a rubric. The types of reactions in written responses of the participants were transferred to a page at PC medium. Each classification task revealed a set of features, which were then regrouped according to *chemical behavior* and *particle rearrangement*. Analysis focused on the types of features to which students paid attention during the classification process (types of substances involved, presence of charged particles, etc.). Students' written responses related to products in the second five reactions were transferred to another page at PC medium and were assigned to the perception levels categories according to the rubric. Another chemistry educator also executed coding process and 90% of agreement was found between the researcher and other educator.

Data analysis revealed that students paid attention to both the visible elements of the representation of a chemical reaction (explicit features: particle charge, states of matter) as well as the underlying characteristics of the substances involved (implicit features: chemical properties, displacement, electron transfer). The students also used these features with different purposes, mainly to differentiate between

types of chemical reactions or to make sense of the process in completing the reactions in the second section of instrument.

The findings of the study were presented in percent. The frequencies of undergraduates' correct and faulty responses were presented in Tables. The types of chemical reactions in the first and second parts of the instrument were classified correctly by participants, in the rates of 92% and 54%, respectively. Participants incline to classify the types of chemical reactions to the category of *chemical behavior-based* (57%, 38%) instead of *particle rearrangement-based* (35%, 16%), for each part, respectively. Participants' perception levels in 'sound understanding' category varied from 11% to 40% except for the 10th reaction. The most failure of students appeared in 'no understanding' category for the items 7 and 10, which were in the rates of 46% and 49%, respectively. More than half (56%) wrote the formulae of products correctly. Participants' incorrect responses for product formulae and/or the states of matter in the second part were assumed to be misconceptions. The results of this study revealed that participants have misconceptions about product formulae such as H, H<sup>+</sup>, and H<sub>2</sub><sup>+</sup> instead of hydrogen molecule (H<sub>2</sub>); Zn, Zn<sup>+</sup> and Zn<sup>3+</sup> instead of zinc ion (Zn<sup>2+</sup>); or Cu<sup>2+</sup> instead of copper element (Cu). They have misconceptions about physical states of products such as NaCl<sub>(k)</sub> for sodium chloride solution, MgCl<sub>2(k)</sub> for magnesium chloride solution, NaNO<sub>3(k)</sub> for sodium nitrate solution, and BaSO<sub>4(aq)</sub> for solid barium sulphate.

---

### Kaynakça Bilgisi

Çokadar, H. (2013). Üniversite Öğrencilerinin kimyasal tepkimeleri tamamlama ve kimyasal tepkimeleri sınıflandırma konusundaki kavramaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi [Hacettepe University Journal of Education]*, 28(3), 111-122.

### Citation Information

Çokadar, H. (2013). Undergraduates' conceptions about balancing chemical equations, and chemical reaction classification [in Turkish]. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi [Hacettepe University Journal of Education]*, 28(3), 111-122.