

# FİZİKSEL VE KİMYASAL DEĞİŞME: KESKİN SINIRLARLA AYRILABİLİR Mİ?

## ARAŞTIRMA MAKALESİ

**Safiye TEMEL<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, safiye79temel@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6969-8871.

Geliş Tarihi: 17.04.2019 Kabul Tarihi: 28.07.2020

**Öz:** Bu çalışmada; Türkiye’de Millî Eğitim Bakanlığı Talim Terbiye Kurulu Başkanlığınca ortaöğretim kurumlarında 2006-2018 yılları arasında ders kitabı olarak okutulmasına onay verilmiş ve yayımlanmış 9. sınıf kimya ders kitaplarının, fiziksel ve kimyasal değişme konularına ilişkin açıklamaları incelenmiştir. Çalışma doküman analizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 12 farklı 9. sınıf kimya ders kitabı incelenmiştir. İnceleme sonucunda adı geçen konulara ilişkin olarak ders kitaplarında yer alan bazı açıklamaların belirsizlikler içerdiği tespit edilmiştir. Çalışmada, bu tespitin gerekçeleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Fiziksel Değişme, Kimyasal Değişme, Ders Kitapları, Doküman İncelemesi.

## PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGE: CAN THEY BE SEPARATED WITH SHARP LIMITS?

### Abstract:

In this study, the explanations about the concepts of physical and chemical changes in 9th grade chemistry textbooks were examined. These books were allowed to be published by The Board of Education and Discipline of The Ministry of National Education and to be used in high schools between 2006-2018. Document analysis, which is a qualitative research design, was employed. In this context, 12 different chemistry textbooks were examined at 9<sup>th</sup> grade. As a result of the examination, it was determined that there were some uncertainties in the explanations of the textbooks. It was discussed why these explanations contain uncertainty.

**Keywords:** Physical Change, Chemical Change, Textbooks, Document Review.

### 1. Giriş

Fiziksel ve kimyasal değişme kavramları, Türkiye'deki öğretim programlarında (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2000; 2005; 2013; 2018) ve ders kitaplarında (Altıntaş, 2012, 102-106; Avcı, 2018, 129-131; Aytaç, Türker, Bozkaya ve Üçüncü, 2018, 101-105; Ertekin, Kurt, Demirbaş ve Erkuş, 2018, 132-133; Güntut, Güneş ve Çetin, 2018, 135-137; Korkmaz, Tatar, Kıray ve Kibar, 2008, 106-110; Ölçün, Çilenti, Erdoğan, Ölçün, Savcı ve Akoral, 1971, 173-181) uzun yıllardır yer almaktadır. Bu kavramlar ortaöğretim seviyesinde halihazırda 9. Sınıf Kimya Dersi Öğretim Programında konu olarak yer almakta, aynı öğretim ve üst öğretim seviyelerinin konuları içinde de geçmektedir. 9. Sınıf Kimya Dersi Öğretim Programında bu konuyla ilgili beklenti; öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişimi, kopan ve oluşan bağ enerjilerinin büyüklüğü temelinde ayırt etmeleridir (MEB, 2018, 19). Bu konu yine ulusal sınavların soru içeriğinde de yer almaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2015; Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi [ÖSYM], 1990, 1992, 2003, 2004, 2005). Böylece konunun hem öğretim programlarında yer alıyor olması hem de ulusal sınavlarda konuyla ilgili soruların sorulması, ders kitabı yazarlarını konuya ilişkin içeriğe yer vermeleri bakımından teşvik edici olmaktadır.

Ders kitapları incelendiğinde, fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarının çeşitli şekillerde ele alındığı görülmektedir. Ders kitaplarında adı geçen kavramların ele alınış biçiminin gerekçesi, öğretim programlarının önerileri ve sınav sorularının içeriği

olabileceği gibi geçmişteki ders kitaplarında yer alan konuyla ilgili bilgiler de olabilir. Aslında bilim tarihine bakıldığında fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarının, bilim insanlarınca tartışılan konular arasında yer almadığı; ders kitabı yazarlarının, gözlemlere ilişkin sınıflandırma yapma ve bilgiyi düzenli bir biçimde sunma gerekçelerinden dolayı kitaplarında bu kavramlara yer verdikleri söylenebilir (Palmer ve Treagust, 1996).

Fiziksel ve kimyasal değişme kavramları, yaklaşık 1850'li yıllardan itibaren ders kitaplarında yer almaya başlamıştır. Sonrasında bu kavramların özellikle diğer ülkelerde basılan ders kitaplarındaki kullanım durumu 1990'lara kadar devam etmiş, 1990'lardan sonra azalmaya başlamış hatta bazı kitaplarda bu kavramlara hiç değinilmemiştir (Palmer ve Treagust, 1996). Bunun yanında yine yurt dışında basılan kimya/bilim sözlüklerinin bazılarında bu kavramların ve kavramlara ilişkin açıklamaların yer aldığı (Ramanathan, 2005), bazılarında ise yer almadığı (Hunt, 2014; Rennie ve Law, 2016; Sharma, 1998) tespit edilmiştir. Türkiye'de basılan ders kitaplarına bakıldığında ise bu kavramlara ilişkin açıklamalara uzun bir süreden beri yer verildiği görülmüştür (Ölçün vd., 1971, 180; Altıntaş, 2012, 102-106; Korkmaz vd., 2008, 106-110; Aytac vd., 2018, 102-103; Avcı, 2018, 130-131; Güntut vd., 2018, 136-137; Ertekin vd., 2018, 132).

Alanyazında, ders kitaplarında yer alan bu açıklamaların fiziksel ve kimyasal değişme ile ilgili öğrencilerdeki yanlışların kaynaklarından biri olabileceği belirtilmektedir (Bilgin ve Yiğit, 2017; Karadaş, Yaşar ve Kırbaşlar, 2012). Çünkü ders kitapları hem öğretmenler hem de öğrenciler için temel kaynaktır ve sıklıkla kullanılmaktadır (Kırbaşlar ve İnce, 2010; Karadaş vd., 2012; Kırbaşlar, Özsoy-Güneş, Avcı ve Atalar, 2012). Bu durum, ders kitaplarında yer alan bilgileri ve açıklamaları önemli hale getirmektedir. Alanyazın incelendiğinde; fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarıyla ilgili ortaöğretim seviyesindeki ders kitaplarında yer alan açıklamaların başlı başına ele alındığı çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Buradan yola çıkılarak bu çalışmada; fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarıyla ilgili 9. sınıf kimya ders kitaplarında yer alan açıklamalar incelenmiştir. Bu sınıf düzeyinin seçilmesinde öğrencilerin kimya adıyla bir dersle ilk defa 9. sınıfta ve kimya ders kitaplarında fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarıyla karşılaşmaları etkili olmuştur.

Çalışmada aşağıda verilen iki soruya cevap aranmıştır:

a) 9. Sınıf kimya ders kitaplarında, fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarıyla ilgili hangi açıklamalara yer verilmiştir?

b) 9. sınıf kimya ders kitaplarında fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarıyla ilgili yer alan açıklamalar belirsizlik içermekte midir?

Bu soruların aynı zamanda ilgili kavramların ders kitaplarında hangi bağlamda ele alındığının ifade edilmesine de destek sunması beklenmektedir.

## 2. Yöntem

### 2.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada nitel araştırma kapsamında veri toplama tekniklerinden doküman inceleme kullanılmıştır (Cansız Aktaş, 2019, 113, 126). Doküman inceleme, araştırmanın konusuyla ilgili bilgi içeren yazılı (kitap, dergi, gazete vb.) ya da görsel (film, fotoğraf, video vb.) materyallerin analizidir (Cansız Aktaş, 2019, 126).

### 2.2. İnceleme Nesnesi

Çalışmada, ders kitapları doküman olarak kullanılmıştır. Bu bağlamda 2006-2018 yılları arasında Türkiye’de Millî Eğitim Bakanlığı Talim Terbiye Kurulu Başkanlığına Millî Eğitim Bakanlığı’na bağlı okullarda ders kitabı olarak okutulmasına onay verilmiş ve yayımlanmış 9. sınıf kimya ders kitaplarının, fiziksel ve kimyasal değişme konularına ilişkin açıklamaları incelenmiştir. Çalışmaya kolay ulaşılabilen 12 farklı ders kitabı dahil edilmiştir. Bu kitapların çoğu, yalnızca bir yıl değil birkaç yıl boyunca okullarda ders kitabı olarak kullanıldığı görülmüştür. Kitapların yıllara göre dağılımı şöyledir:

**Tablo 1.** Çalışma kapsamında incelenen ders kitaplarının yıllara göre dağılımı

Yıl	Adet	Yıl	Adet
2006	1	2015	2
2008	1	2016	1
2011	1	2017	1
2013	1	2018	4

### 2.3. Verilerin Analizi

Çalışmanın verileri, içerik analizi yoluyla elde edilmiştir. Çalışmanın amacına ulaşabilmesi için analiz yapılırken kitaplarda yer alan ifadelerin aynen alınarak kod olarak değerlendirilmesinin gerektiği düşünülmüş ve kitaplardaki ifadeler, kod olarak yansıtılmıştır. Bu bağlamda ders kitaplarının konuyla ilgili açıklamalarını tam olarak yansıtılabilmek amacıyla mümkün olduğunca ‘ayıklama’ya (Creswell, 2013a, 184) gidilmemiştir. Sonrasında bu kodlar biraraya getirilmiş ve kodların ortak yönlerini yansıtan temalar oluşturulmuştur. Kodlar, araştırmacı tarafından dört ay arayla iki kez oluşturulmuştur. Kodlamalar arasındaki tutarlılık, Miles ve Huberman’ın (2015, 64) önerdiği bağıntıya göre hesaplanmıştır. Buna göre kodlamalar arasındaki uyumun %80’nin üzerinde olduğu görülmüş ve kodlamalar için güvenilirliğin sağlandığı düşünülmüştür (Creswell, 2013b, 203; Miles ve Huberman, 2015, 64).

### 3. Bulgular

Bu bölümde 9. sınıf kimya ders kitaplarında; fiziksel ve kimyasal değişimin nasıl açıklandığına ve açıklamalarda tespit edilen belirsizliklere dair bulgulara yer verilmiştir. Belirsizliğe ilişkin değerlendirmenin gerekçesi ise tartışma bölümüne bırakılmıştır.

#### 3.1. Fiziksel ve kimyasal değişme tanımlarına ait bulgular

Çalışmanın verilerinin analizi kapsamında belirlenen temalardan ikisi; fiziksel değişme tanımı ile kimyasal değişme tanımı temalarıdır. Bu temalara ait kodlar Tablo 2’de sunulmuştur:

**Tablo 2.** Fiziksel ve kimyasal değişme tanımlarına ait bulgular

Tema	Kodlar
Fiziksel değişme tanımı	Yeni madde oluşmama
	Maddenin kimyasal yapısının değişmemesi
	Dış görünüşteki değişme
	Maddenin kimlik özelliklerinin değişmemesi
	Fiziksel özelliklerin değişmesi
	Maddenin yapısının değişmemesi
	Maddeyi oluşturan taneciklerin/kimyasal türlerin yapısının değişmemesi
Bağ kopması ya da bağ oluşumu olmayan değişim	
Kimyasal değişme tanımı	Kimyasal tepkime
	Yeni madde/kimyasal tür(ler) oluşumu
	Bağ kopması ya da bağ oluşumu sonucu atomların yeniden düzenlenmesi
	Maddenin kimlik özelliğinin değişmesi
	Kimyasal özelliklerin değişmesi
	Maddenin farklı maddelere ayrışması
	Maddenin iç yapısında meydana gelen değişmeler
Maddenin elektron düzeninin ve bağ yapısının değişmesi	

Tablo 2 incelendiğinde ders kitaplarında fiziksel ve kimyasal değişme tanımları için 8’er farklı kodun işaret ettiği açıklamaların kullanıldığı görülmektedir. Burada dikkat çeken nokta; fiziksel değişimde maddeyi oluşturan ve maddenin özelliğini gösteren en küçük birimin/taneciğin yapısının değişmediği ve dolayısıyla yeni madde oluşmadığı şeklindeki açıklamalar ile kimyasal değişimde maddeyi oluşturan ve maddenin özelliğini gösteren en küçük birimin/taneciğin yapısının değiştiği ve yeni madde oluştuğu, kimyasal değişmelerin kimyasal tepkimeler sırasında meydana gel-

diği şeklindeki açıklamalardır. Burada yeni madde oluşumuna dayalı açıklamaların belirsizlik içerdiği düşünülmektedir.

Ders kitaplarında yer alan fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarının tanımlanmasına ilişkin örnek ifadeler, aşağıda sunulmuştur:

*“Maddenin yapısında bir değişiklik olmadan gerçekleşen değişimlere fiziksel değişim denir. Fiziksel değişimlerde maddeyi oluşturan kimyasal türler değil; bu türlerin enerjisi, hareketliliği, aralarındaki boşluk ve birbirlerine göre konumları değişebilir”* (Altun ve Tümay, 2013, 193).

*“Kimyasal değişim maddenin farklı maddelere ayrışmasına veya farklı maddelerin etkileşerek yeni madde oluşturmaya denir”* (Dursun, Gülbay, Çetin ve Tek, 2008, 102).

*“Sadece fiziksel özelliklerin değişmesi ile gerçekleşen olaylara fiziksel değişme denir”* (Badur, 2018, 127).

### 3.2. Fiziksel ve kimyasal değişme örneklerine ait bulgular

Çalışmanın verilerinin analizi kapsamında belirlenen temalardan diğer ikisi; fiziksel değişme örneği ile kimyasal değişme örneği temalarıdır. Bu temalara ait kodlar Tablo 3’te sunulmuştur:

**Tablo 3.** Fiziksel ve kimyasal değişme örneklerine ait bulgular

Tema	Kodlar
Fiziksel değişme örneği	*Hal değişimleri/ Suyun hal değişimi/ Erime/ Donma/ Buharlaştırma/ Yoğuşma/ Kırışma
	*Çözünme/Tuzun suda çözünmesi/Şekerin suda çözünmesi/ Şekerin çayda çözünmesi
	*Yemek tuzunun suda çökmesi
	*Kaynama
	*Parçalanma/ Kırılma (Camın kırılması)/ Öğütme/ Toz haline gelme
	*Ezilme
	*Metallerin tel ve levha haline getirilmesi
	*Metallerin elektriği iletmesi
	*Kağıdın yırtılması
	*Işığın kırılması
	*Gökkuşluğu oluşumu
	*Karışımların bileşenlerine ayrılması
*Mumun erimesi	

Kimyasal değişme örneği	*Paslanma (Demirin paslanması, metallerin paslanması)
	*Yanma (Kibritin yanması, kağıdın yanması, mumun yanması, kömürün yanması)
	*Suyun oluşumu ( $H_2$ ve $O_2$ tepkimesi)
	*Tuz oluşumu (Sodyum + Klor Tuz örneği)
	*Ekşime
	*Bozunma
	*Besinlerin küflenmesi/Ekmeğin küflenmesi
	*Besinlerin pişirilmesi/Yumurtanın pişirilmesi
	*Çürüme (Besinlerin çürümesi)
	*Sararma
	*Kararma (Meyvelerin kararması, sebzelerin kararması, gümüşün kararması, metallerin kararması)
	*Çözünme (NaOH'ın suda çözünmesi, $KNO_3$ 'ün suda çözünmesi, metallerin asitlerde çözünmesi)
	*Elektroliz (Suyun elektrolizi, saf maddelerin elektrolizi, çözeltilerin elektrolizi)
	*Suyun oksijen ve hidrojene ayrışması
	*Asit-baz tepkimeleri
	*Hamurun mayalanması
	*Solunum
	*Sindirim
	*Fotosentez
	*Betonun sertleşmesi
*Çözeltilerin elektriği iletmesi	
*Elektron alışverişi	
*Bağ kopması	
*Bağ oluşumu	
*Sütten yoğurt eldesi	
*Üzümünden sirke eldesi	
*Yağlı boyanın kurumması	

Tablo 3'te yer alan bulgular incelendiğinde; kitaplarda fiziksel değişmeyi açıklarken 13, kimyasal değişmeyi açıklarken ise 27 farklı örnek kullanıldığı görülmektedir. Kitapların bazılarında değişme örneklenirken genel kavramların (hal değişimi, yanma gibi) kullanıldığı, bazılarında ise bu kavramlara örnek/açıklayıcı olabilecek kavramların (suyun hal değişimi, erime, buharlaşma, kağıdın yanması gibi) kullanıldığı belir-

lenmiştir. Bu örneklerden; faz değişimleri, gökkuşağı oluşumu, ışığın kırılması ile çözünme ve çökelme örneklerinin belirsizlik içerdiği düşünülmektedir. Bunun yanında fiziksel ve kimyasal değişmeye ilişkin örneklerin çoğunlukla yeni madde oluşumuna dayalı olarak izah edilmeye çalışılarak verildiği görülmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi yeni madde oluşumu açıklamasının belirsizlik içermesinin, bu örneklerin de (betonun sertleşmesi, hamurun mayalanması, süttten yoğurt eldesi, çözeltilerin elektriği iletmesi, metallerin elektriği iletmesi, çürüme, ekşime ya da yağlı boyanın kuruması) belirsizlik içermesine neden olduğu söylenebilir.

Fiziksel ve kimyasal değişme açıklanırken başvurulan örneklere ilişkin ders kitaplarında yer alan ifadelere örnekler, aşağıda sunulmuştur:

*“Örneğin erime, donma, buharlaşma, kaynama, yoğuşma ve çözünme gibi olaylar fizikseldir” (Kıngır, 2016, 90).*

*“...Tuzun, şekerin suda çözünmesi, elektron hareketiyle iletkenlik (Bakır tel gibi metallerin elektriği iletmesi) fiziksel değişim örneklerinden bazıdır” (Güntut, Güneş ve Çetin, 2017, 136).*

*“Aşağıda verilen değişimler kimyasal değişim örnekleridir. ...Betonun donması, yağlı boyanın kuruması, elektron alışverişi, bağ kopması, bağ oluşumu...” (Ertekin vd., 2018, 133).*

*“Maddenin iç yapısında meydana gelen değişmelere “kimyasal değişme” denir. Kağıdın yanması, mumun yanması, demirin paslanması, elektroliz, hamurun mayalanması gibi” (Yetkin, Gülbay ve Çetin, 2006, 2).*

### 3.3. Değişimi ayırt etme kriterlerine ait bulgular

Çalışmanın verilerinin analizi kapsamında belirlenen son iki tema; fiziksel değişme kriteri ile kimyasal değişme kriteri temalarıdır. Bu temalar, incelenen ders kitaplarının bir değişiminin fiziksel değişme mi, yoksa kimyasal değişme mi olduğuna karar verirken kullanılmasını önerdikleri ya da ima ettikleri kriterleri içeren açıklamalarına işaret etmektedir. Bu temalara ait kodlar Tablo 4'te sunulmuştur:



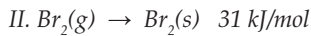
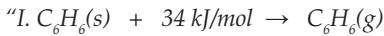
**Tablo 4.** Fiziksel ve kimyasal değişmeyi ayırt etmede kullanılacak kriterlere ait bulgular

Tema	Kodlar
Fiziksel değişme kriteri	Yeni madde oluşmaması Enerji değişimi Kopan ve oluşan bağların enerjisinin (genellikle)* 40 kJ/mol den küçük olması Kimyasal bağlarda değişiklik olmaması Moleküller arası kuvvetlerin yenilmesi veya oluşumu
Kimyasal değişme kriteri	Yeni madde oluşması Enerji değişimi (Isı değişimi) Renk değişimi Çökelek oluşumu Gaz çıkışı Atomların yeniden düzenlenmesi Mevcut kimyasal bağların kopması yeni kimyasal bağların oluşması Kopan ve oluşan bağların enerjisinin (genellikle)* 40 kJ/mol den büyük olması

\* Parantez içindeki ifade, bazı ders kitaplarında yer alırken bazılarında da yer almamaktadır.

Tablo 4'e göre ders kitaplarında; bir değişmeyi fiziksel değişme olarak niteleyebilmek için 5 koda karşılık gelen kriterin, kimyasal değişme olarak niteleyebilmek için 8 koda karşılık gelen kriterin dikkate alınması önerilmektedir. Bu önerilerde özellikle yeni madde oluşumu ile enerji değişiminin vurgulandığı görülmüştür. Bir değişmeyi fiziksel ya da kimyasal değişme olarak ayırt edebilmek için yeni madde oluşumunun ve enerji değişiminin özellikle 40 kJ/mol değerine atıfta bulunularak kullanılmasının belirsizlik içerdiği düşünülmektedir.

Fiziksel ve kimyasal değişme açıklanırken bu değişmeleri ayırt etmek için önerilen kriterlere ilişkin ders kitaplarında yer alan ifadelere örnekler, aşağıda sunulmuştur:



*I. tepkimede kopan bağların enerjisi ve II. tepkimede oluşan bağların enerjisi 40 kJ/mol değerinden küçük olduğundan, tepkimelerde fiziksel değişmeler meydana gelir" (Avcı, 2018, 130).*

“Çeşitli gözlemler bir kimyasal değişim gerçekleştiğini anlamamıza yardımcı olabilir. Renk değişimi, çökelek oluşumu, gaz çıkışı ve ısı değişimi bir kimyasal değişim olduğunun göstergesi olabilir” (Altun ve Tümay, 2013, 196).

“...Fiziksel olaylarda atomlarla iyonlar arasındaki kuvvetlere göre daha düşük bir enerji değişimi vardır (40 kJ/mol'den az). ...Sonuç olarak, mol başına enerji değişiminin büyüklüğü, meydana gelen değişimin fiziksel olup olmadığı hakkında bize bilgi verir” (Komisyon, 2015, 132).

“Bir olayın kimyasal değişim olup olmadığını anlamanın yollarından biri, ısı değişimi olup olmadığına bakmaktır” (Demirelli ve Kavak, 2011, 131).

“...Dikkat edilirse her üç halde de su molekülünün yapısında (H<sub>2</sub>O) herhangi bir değişiklik yoktur. Dolayısıyla da suyun farklı hallere dönüşümünde yeni bir madde oluşumu söz konusu değildir” (Kıngır, 2016, 92).

#### 4. Tartışma

Bu bölümde yukarıda verilen bulgulara dayalı olarak fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarıyla ilgili 9. sınıf kimya ders kitaplarında yer alan açıklamalarda tespit edilen belirsizliklerin gerekçeleri tartışılmıştır. Ancak bu tartışma yapılırken, bir kavrama ilişkin öğrenmelerin sonraki öğrenmeleri etkilediği (Garnett, Garnett ve Hackling, 1995) dikkate alınmış ve öğrencilerin üst öğrenim seviyelerinde karşılaşılabilecekleri açıklamalar da kullanılmıştır. Sözü edilen açıklamaların, tespit edilen belirsizliklerin neden belirsizlik olarak değerlendirildiğinin anlaşılmasına destek sunması amaçlanmıştır. Bunun yanında yine bu belirsizliklerin, öğrencilerin farklı öğrenim seviyelerinde çelişkiye düşmelerine neden olabileceği dikkatlere sunulmaya çalışılmıştır.

##### a) Yeni madde oluşumu

Ders kitaplarında ‘yeni madde oluşumu’ fiziksel ve kimyasal değişmeyi tanımlarken/açıklarken kullanılmakla beraber, hem değişim örneklerini gerekçelendirirken kullanılmakta hem de bu değişimleri ayırt etmek için bir kriter olarak sunulmaktadır. Yeni madde oluşumuna dayalı açıklamalar çoğunlukla; fiziksel değişme sonucu yeni madde/maddeler oluşmadığı, kimyasal değişme sonucu ise yeni madde/maddeler oluştuğu şeklinde ifade edilmektedir. Ancak bu bağlamda verilen örneklerin öğrenciler için ne kadar anlamlı olduğu üzerinde düşünmek yararlı olabilir. Örneğin ders kitaplarında konuyla ilgili verilen *betonun sertleşmesi*, *hamurun mayalanması*, *sütten yoğurt eldesi*, *çözeltilerin elektriği iletmesi*, *çürüme*, *ekşime* ya da *yağlı boyanın kuruması* gibi örnekler dikkate alındığında öğrencilerden bu değişimleri yeni madde oluşumuna göre değerlendirmelerini beklemek zorlayıcı olabilir. Zira bu ve bunun gibi değişim örnekleri sonucunda yeni madde oluşup oluşmadığı konusunda bir yargıya varmak, önemli ölçüde kimyasal bilgiye ve deneyime sahip olmayı gerektirmektedir (Palmer ve Treagust, 1996). Burada ders kitaplarında daha anlaşılabilir örnekler olduğu gerekçesiyle, faz değişimlerine ve çözünme olaylarına dikkatin çekildiği söylenebilir.

Kitaplarda *faz değişimi ya da çözünme* olayları sonucunda yeni madde oluşmadığından dolayı, buradaki değişimlerin fiziksel değişim olduğu ifade edildiği görülmektedir.

### a.1) Faz değişimi

Ders kitaplarında faz değişimi, fiziksel değişmeye bir örnek olarak sunulurken genellikle *suyun faz değişimi* ele alınmakta (Avcı, 2018, 130; Komisyon, 2015, 131; Kingır, 2016, 91-92) ve bu değişimler sırasında yeni madde oluşmadığı belirtilerek *suyun hala su olduğu* vurgulanmaktadır (Umbland, 1993, 4-5). Burada öğrenciden su ile buzun aynı madde olduğunu bilmesi, su buza dönüştüğünde yeni bir madde oluşup oluşmadığını belirlemesi beklenmektedir ancak bu bazı öğrenciler için zorlayıcı olabilir (Palmer ve Treagust, 1996). Özellikle moleküller ve moleküllerarası etkileşimlerle ilgili henüz derinlemesine bir anlayışa sahip olmayan öğrenciler, suyun buza dönüştüğünde yeni madde oluşmadığını ve su ile buzun aynı madde olduğunu bir kaynaktan (ör. kitap, öğretmen) öğrenir. Aslında bu bilgi öğrencinin gözlemleri sonucu yaptığı çıkarımla uymayabilir ve onun için su ile buz farklı maddeler olabilir. Ancak gözlemleri sonucu yaptığı çıkarım ile öğrendiği bilgi farklılığına rağmen, su ile buzun aynı madde olduğunu kabul etme çelişkisi yaşayabilir (Gensler, 1970).

Ders kitaplarında faz değişiminin fiziksel değişme olduğuna dayanak “*Fiziksel değişmelerde maddeleri bir arada tutan zayıf bağlar (zayıf etkileşimler) kopar. Molekülleri oluşturan atomlar arası güçlü etkileşimlerde değişme olmaz. Örneğin su ( $H_2O_{(s)}$ ), buhar ( $H_2O_{(g)}$ ) hâline geldiğinde O–H arası kovalent bağlarda değişme olmaz. Sadece  $H_2O$  molekülleri arası zayıf hidrojen bağları koparak sıvı hâldeki su, buhar hâline geçer*” (Ertekin vd., 2018, 132) şeklindeki açıklamalara yer verildiği görülmektedir. Aslında faz değişimi konusu, suyun faz değişimiyle sınırlı olmayan oldukça kompleks bir konudur. Bir element ya da bileşiğin farklı yapısal formunun her biri, farklı bir faz olarak düşünülmekte ve bir fazın diğer bir faza dönüşümü faz değişimi olarak adlandırılmaktadır (Burrows, Holman, Parsons, Pilling ve Price, 2017, 259). Yani faz değişimi yalnızca katı, sıvı, gaz halleri arasındaki geçiş olgularını değil, örneğin bir katı fazdan diğer bir katı faza geçiş olgusunu da içermektedir (Sarıkaya, 1997, 149-153). Bu nedenle farklı sınıf seviyelerindeki ders kitaplarında faz değişimi konusu incelenirken suyun faz değişimi yanında pek çok element ya da bileşiğin (örneğin; kuru buzun  $CO_{2(g)}$ ’a, buzun sıvı suya ve su buharına, kalsitin aragonite, grafitin elmasa dönüşümü, Fegley, 2013, 231) faz değişimi de incelenmektedir. Bunlardan biri de kükürtün faz değişimidir (Burrows vd., 2017, 769-772; Sarıkaya, 1997, 151-152). Normal koşullarda kararlı olan rombik kükürt ısıtıldığı (368,7 K, 95,5 °C) zaman monoklin kükürte dönüşür (Bevan Ott ve Boerio-Goates, 2000, 165; Burrows vd., 2017, 48; Cunningham, 1935; Petrucci, Herring, Madura ve Bissonnette, 2012, 999; Sarıkaya, 1997, 151). Rombik kükürt ile monoklin kükürt, kükürtün (S) allotroplarıdır (Burrows vd., 2017, 771). Allotropların ise farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip oldukları bilinmektedir (Erickson, 2007, 2; Newton ve Baker, 1999; Stimola, 2007; Urbonaite, 2008, 3; Miller, 2016, 6).

## a.2) Çözünme olayı/Çözelti oluşumu

Ders kitaplarının bazılarında genel bir ifade kullanılıp çözünme olayı fiziksel değişme olarak nitelendirilmekte ve çözünme olayı açıklanırken çoğunlukla NaCl(k)'nin suda çözünmesi örneği verilmektedir (Avcı, 2018, 119-120, 130; Güntut vd., 2018, 128, 136; Ertekin vd., 2018, 132). Bazılarında ise hangi çözünme olayından bahsedildiği (örneğin NaOH'ın suda çözünmesi) belirtilerek buradaki değişimin kimyasal değişme olduğu ifade edilmektedir (Demirelli ve Kavak, 2011, 131). Bu durumda öğrencinin 'çözünme' olarak nitelendirilen bu iki olayı ayırt edebilmesi gerekmektedir. Şöyle ki; çözünme olayı derinlemesine incelendiğinde çözücüsü su olan çözünme olaylarının iki farklı biçimde gerçekleştiğiyle karşılaşılacaktır. Bu bağlamda iyonik bileşik olan NaCl(k)'nin suda çözünmesi; " $\text{NaCl}_{(k)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ " (Whitten, Davis, Peck ve Stanley, 2014, 212) denklemiyle gösterilmekte ve "ayırışma, katı iyonik bileşiğin iyonlarına (katyon ve anyonlarına) ayrılması" (Chang ve Goldsby, 2014, 120; Whitten vd., 2014, 212) olarak ifade edilmekteyken, örneğin moleküler bileşik olan saf HCl için bu durum; " $\text{HCl}_{(g)} \xrightarrow{\text{suda}} \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ " (Whitten vd., 2014, 350) denklemiyle gösterilmekte ve "iyonlaşma, iyon oluşturmak üzere su ile tepkimeye girme" (Whitten vd., 2014, 212) olarak ifade edilmektedir. Buradan anlaşıldığı üzere çözünme olayı, ayırışma ve iyonlaşma şeklinde gerçekleşebilmektedir. Bazı ders kitaplarında çözünme ve iyonlaşma kavramları ilişkilendirilerek yapılan açıklamada "Bir asidin çözünerek hidrojen iyonları ( $\text{H}^+$ ) oluşturduğu çözelti asidik çözelti, bir bazın çözünerek hidroksit iyonları ( $\text{OH}^-$ ) oluşturduğu çözelti ise bazik bir çözeltidir" (Aytaç vd., 2018, 113) ifadelerine yer verilmektedir. Burada HCl bileşiği üzerinden devam edilirse; moleküler bileşik olan HCl'deki polar kovalent bağın kopması ve hidratlanmış  $\text{Cl}^-$  iyonları (su molekülleri ile  $\text{Cl}^-$  iyonları arasında etkileşim vardır) ve  $\text{H}^+$  ile su molekülleri arasında etkileşim meydana gelmesi söz konusudur. Böylece "çözeltide çözülmüş bütün HCl molekülleri hidratlanmış  $\text{H}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarına ayrışır" (Chang ve Goldsby, 2014, 120). Bu durum "HCl, oda sıcaklığında ve atmosferik basınçta gaz halinde bulunan moleküler bileşiktir. Suda çözüldüğü zaman, hidrojen iyonları ve klorür iyonları içeren bir çözelti oluşturmak üzere neredeyse %100 ü tepkimeye girer" (Whitten vd., 2014, 214) şeklinde ifade edilmekte ve "hidrojen klorürün sulu çözeltisi, hidroklorik asit olarak adlandırılmaktadır" (Umland, 1993, 118). Buradan saf  $\text{HCl}_{(g)}$ 'nin suda çözünmesi sırasında kimyasal bir tepkime meydana geldiği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla burada kimyasal bir değişmeden bahsetmek mümkün olmaktadır. Öğrencilerin hidrojen klorürün ( $\text{HCl}_{(g)}$ ) suda çözünmesi sonucu hidroklorik asit çözeltisi ( $\text{HCl}_{(aq)}$ ) oluşumu ile  $\text{NaCl}_{(k)}$ 'nin suda çözünmesi sonucu tuzlu su çözeltisi (sodyum klorür çözeltisinin,  $\text{NaCl}_{(aq)}$ ) oluşumunu yeni madde oluşumu bağlamında nasıl değerlendirecekleri üzerinde düşünebilir. Bu değerlendirmede öğrencilerin çözünme olayı ile ilgili yukarıda belirtilen farklılıkların başka bir deyişle "bir maddenin, tepkime veya tepkime olmaksızın çözücü içerisinde çözünebildiğinin" (Whitten vd., 2014, 503) farkında olmaları beklenir. Ancak bu beklentinin öğrencilerde karşılığının olup olmadığı belirsiz olabilir.

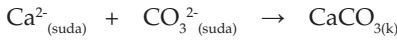
Öte yandan genel bir ifadeyle çözünme olayını fiziksel bir değişme olarak nitelendirmenin çelişiklere neden olabileceği de ifade edilebilir.

Ders kitaplarında fiziksel değişme kavramını açıklanırken bazen çözünme olgusu ile birlikte çökme olgusu da örnek olarak ifade edilmektedir (Tablo 3). Bu örnek “yemek tuzunun suda çözünmesi ve çökmesi” (Badur, 2018, 127) şeklinde verilmektedir. Burada “Hangi durumda yemek tuzu ( $\text{NaCl}_{(k)}$ ) çökmez?” sorusu akla gelmektedir.  $\text{NaCl}$ 'nin çözünürlüğüne sıcaklığın etkisinin oldukça az olduğu (Chang ve Goldsby, 2014, 529) dikkate alındığında;  $\text{NaCl}$ 'ün, aşırı doymuş çözeltisinden kristaller halinde ayrılmasının ya da belirli bir sıcaklıkta belirli bir miktar suyun çözebileceğinden daha fazla  $\text{NaCl}_{(k)}$  ilave edilmesinin ardından  $\text{NaCl}_{(k)}$ 'nin çözünmeyen kısmının çökmesinin kastedildiği düşünülebilir. Bu durumda çözünmenin (örneğin suyun) buharlaştırma yoluyla çözeltiden uzaklaştırılması sonucu  $\text{NaCl}_{(k)}$ 'nin elde edilmesi (Whitten vd., 2014, 504) ya da bir tuz karışımından (örneğin sodyum klorür,  $\text{NaCl}$  ile potasyum nitratın,  $\text{KNO}_3$  oluşturduğu) ayrımsal kristallendirme yoluyla  $\text{NaCl}_{(k)}$ 'nin çöktürülmesi (Altunkaynak, 2016, 80) kastediliyor olabilir. Burada ikinci durumun düşündürdüklerinden yola çıkılarak bir tartışma yapılacaktır.

Bazı ders kitaplarında, tepkime çeşitleri başlığı altında çözünme-çökme tepkimelerinin yer aldığı görülmektedir. Konu açıklanırken günlük yaşamda karşılaşıldığı gerekçesiyle ‘ $\text{CaCO}_3$ 'ün çökmesi’ örneğine yer verildiği dikkat çekmektedir. Bu bağlamda “Çözünme-çökme tepkimelerinin hayatımızı olumsuz etkilemesine verilebilecek diğer bir örnek, halk arasında kireçlenme olarak bilinen, tencere ve çaydanlıklarla su borularındaki madde birikimidir. Sulara çözünmüş olarak bulunan kalsiyum iyonları ile karbonat iyonlarının tepkimesiyle oluşan bu madde...” (Demirelli ve Kavak, 2011, 141).

“Yüksek sıcaklıktaki yer altı sularının içerisinde bulunan  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{HCO}_3^-$  iyonlarının yer yüzüne çıktıktan sonra  $\text{CaCO}_3$  halinde çökmesi sonucu Pamukkale travertenleri oluşmuştur” (Kıngır, 2016, 97).

Belirtilen örnek, suda bulunan  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{CO}_3^{2-}$  iyonlarının sıcaklığın etkisiyle  $\text{CaCO}_3$  oluşturmak üzere bir araya gelmelerini ve çözünmeyen beyaz katı halinde ( $\text{CaCO}_{3(k)}$ ) dibe çökmesini ifade etmektedir. Bu durum bir denklemle şu şekilde ifade edilebilir:



Bu örneğin alanyazında “Evelerimizde kullandığımız çaydanlıklarda sudaki sertlikten dolayı zamanla beyaz bir çökelek oluşur. Bu çökeleğin oluşumu ne tür bir değişimdir? Cevabınızın nedenini açıklayınız.

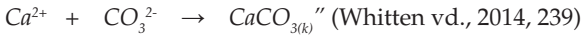
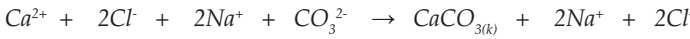
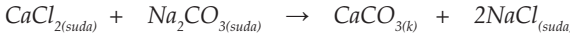
- a) Fiziksel değişme                      b) Kimyasal değişme

Bu soru fiziksel değişme ile ilgili uygulama sorusu olup, öğrencilerden beklenen cevap şu şekildedir: Çaydanlıkların diplerinde biriken, sudaki sertlikten ileri gelen  $\text{CaCO}_3$  yani kireçtir. Kirecin çözünürlüğü diğer katıların aksine sıcaklıkla azalır. Sürekli olarak ısıtılan suyun içerisindeki kireç zamanla ısı etkisi ile dibe çökecektir. Bu olay fiziksel bir değişimdir. Çünkü kirecin

yapısında bir değişiklik olmamış sadece çökme olayı gerçekleşmiştir" (Demircioğlu, Demircioğlu, Ayas ve Kongur, 2012) şeklinde ifade edildiği de görülmektedir.

Lisans düzeyindeki bazı kitaplarda ise kimyasal tepkime çeşitlerinin incelendiği bölümün çökme tepkimeleri kısmında bu örneğe yer verilmektedir:

"Sodyum karbonat ( $Na_2CO_3$ ) ve kalsiyum klorürün ( $CaCl_2$ ) sulu çözeltilerini karıştırdığımızı düşünelim.  $Na_2CO_3$  ve  $CaCl_2$ 'ün her ikisinin de çözümlü bileşikler olduğunu görürüz (bakınız çözümlülük kuralları). Karıştırma anında, oluşan çözelti dört iyon içerir:  $Na^+$  (suda)  $CO_3^{2-}$  (suda)  $Ca^{2+}$  (suda)  $Cl^-$  (suda). İyonların bir çifti,  $Na^+$  ve  $Cl^-$ , çözümlenmeyen bileşik oluşturamaz,  $Ca^{2+}$  ve  $CO_3^{2-}$  çözümlenmeyen  $CaCO_3$  bileşimini oluşturur (çözümlülük kuralları). Tepkime için denklemler aşağıdaki gibidir:



Yukarıdaki açıklamalar;  $Na^+$  (suda)  $CO_3^{2-}$  (suda)  $Ca^{2+}$  (suda)  $Cl^-$  (suda) iyonlarının bulunduğu bir karışımda,  $CaCO_{3(k)}$  oluşumunu anlatmakta ve bunu kimyasal bir tepkime (çökme tepkimesi) olarak sunmaktadır. Çökme tepkimeleri için yürütücü kuvvetin katyonlar ve anyonlar arasındaki güçlü çekim olduğu belirtilmektedir (Whitten vd., 2014, 238). Ancak burada sodyum karbonat ( $Na_2CO_3$ ) ve kalsiyum klorürün ( $CaCl_2$ ) sulu çözeltileri yeterince seyreltik oldukları (ppm, mg/L düzeyinde) durumda karıştırıldığında gözle görülebilir katı oluşumu gözlemlenemeyebileceği dikkatten uzak tutulmamalıdır.

Öte yandan evlerde kullanılan suyun çaydanlıkta ısıtılması ile zamanla oluşan  $CaCO_{3(k)}$ 'nın oluşumu şu şekilde açıklanmaktadır (Chang ve Goldsby, 2014, 126): "Dünya yüzeyinde yaygın olarak bulunan kireç taşı ( $CaCO_3$ ) ve dolomit ( $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ) çoğunlukla su kaynaklarına karışır. ... $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^-$  iyonlarını içeren su ısıtıldığında ya da kaynatıldığında  $CaCO_3$  çökeleği oluşur.

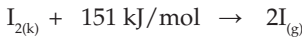
$Ca^{2+}$  (suda) +  $2HCO_3^-$  (suda)  $\rightarrow CaCO_{3(k)} + CO_{2(aq)} + H_2O_{(s)}$  ve karbondioksit gazı açığa çıkar:  $CO_{2(aq)} \rightarrow CO_{2(g)}$  Bu şekilde oluşan kalsiyum karbonat kazanlarda, su ısıtıcılarında, borularda ve çaydanlıklarda biriken tabakanın ana bileşenidir."

Yukarıdaki açıklamalardan gözle görülebilir çözümlenmeyen katı, çökelti, ( $CaCO_{3(k)}$ ), oluşumunu kimi durumda derişim faktörünün (makul derişim, bkz. Whitten vd., 2014, 240), kimi durumda sıcaklık faktörünün desteklediği anlaşılmaktadır. Öte yandan evlerde kullanılan çeşme suyunun içeriğinde genellikle florür ( $F^-$ ), bikarbonat ( $HCO_3^-$ ), klorür ( $Cl^-$ ), sülfat ( $SO_4^{2-}$ ), kalsiyum ( $Ca^{2+}$ ), magnezyum ( $Mg^{2+}$ ), potasyum ( $K^+$ ), sodyum ( $Na^+$ ), demir ( $Fe^{2+}$ ) vs bulunduğu bilinmektedir (Varol, Davraz ve Varol, 2008; Yılmaz, Kara, Poyraz ve Mayda, 2014). Başka bir deyişle yukarıdaki çözelti örneklerine atıfla (Whitten vd., 2014, 239) sodyum karbonat ( $Na_2CO_3$ ) ve kalsiyum klorürün ( $CaCl_2$ ) sulu

çözeltilerindeki anyonlar ve katyonlar bulunduğu söylenebilir. Tüm bunların yanında; evlerde kullanılan çaydanlıklarda sudaki sertlikten dolayı zamanla beyaz bir çökelek oluşumunun fiziksel değişme olarak değerlendirildiği gibi kimyasal değişme olarak da değerlendirildiği, sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ve kalsiyum klorürün ( $\text{CaCl}_2$ ) sulu çözeltileri karıştırıldığında çökelti oluşumunun ise kimyasal değişme olarak değerlendirildiği de açıklamalardan çıkan bir başka sonuç olarak görünmektedir. Öte yandan bu tartışmanın başında verilen sofrta tuzunun,  $\text{NaCl}_{(k)}$ 'nin çökmesi örneğine dönülecek olursa; burada da sıcaklık-çözünürlük ilişkisinin kullanıldığı düşünülmektedir. Buradaki çelişkili durum için başlangıçtaki madde (örneğin  $\text{NaCl}_{(k)}$ ) ile sonuçta elde edilen maddenin (yine  $\text{NaCl}_{(k)}$ ) aynı olduğu, yani maddenin kimyasal bileşiminde değişme meydana gelmediği açıklaması yapılabilir. Bu ise iki durumu akla getirebilir. Birincisi değişim bağlamında değerlendirme yaparken çözeltinin değil çözünmeden önceki madde ile çökelti dikkate alınmalı, ikincisi geri dönüşümün ( $\text{NaCl}_{(k)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ ;  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(k)}$ ) olduğudur. İkinci düşüncenin yani geri dönüşümü, değişmeyi değerlendirmek için bir ölçüt olarak kullanmanın kavram yanlışlarına neden olabileceği alanyazında sıklıkla dile getirilmektedir (Atasoy, Genç, Kadayıfçı ve Akkuş, 2007; Demircioğlu vd., 2012; Nakiboğlu ve Erol, 2017). Buradan yola çıkarak fiziksel değişme ya da kimyasal değişme örneği olarak çözünme ve çökeltme olayları, üzerinde düşünülmesi gereken bir konu olabilir.

### b) Enerji değişimi

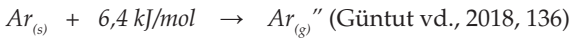
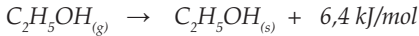
Ders kitaplarında bir değişimin fiziksel değişme mi yoksa kimyasal değişme mi olduğunu belirlemek için dikkate alınabilecek kriterlerden biri olarak enerji değişimi sunulmaktadır. Fiziksel ya da kimyasal değişim olduğunda daima enerji soğurulduğu ya da açığa çıktığı bilinmektedir (Whitten vd., 2014, 12). Ancak sözü edilen enerjinin -yaklaşık da olsa- miktarı üzerinden değişimleri ayırt etme önerisi, belirsizlik içermektedir. Şöyle ki bazı ders kitaplarında "*Kimyasal değişim gerçekleşmesi için daha fazla enerji gereklidir. Aşağıdaki tepkimelerde olduğu gibi kopan veya oluşan bağın enerjisi genellikle 40 kJ/mol'den daha büyük ise kimyasal değişimdir.*



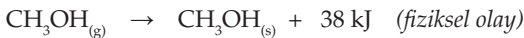
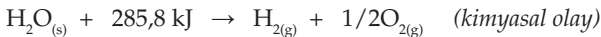
(Güntüt vd., 2018, 136-137) şeklinde yapılan açıklamalar ile öğrencilerin dikkati enerji değişimine çekilmekte ve buna göre maddedeki değişimleri, fiziksel veya kimyasal değişim olarak ayırabilecekleri önerilmektedir. Bu açıklamada  $\text{NaCl}_{(k)}$  ile ilgili olanı,  $\text{NaCl}_{(k)}$ 'nin suda çözünmesi sırasındaki enerji değişimlerini kavrayabilmek amacıyla yapılan kuramsal açıklamaya ilişkin bir basamağı ifade etmektedir (Chang ve Goldsby, 2014, 260-261; Petrucci vd., 2012, 566-567). Burada kristal örgü yapısındaki

iyonları, bağımsız iyonlar haline getirmek için verilmesi gereken enerji gösterilmektedir. Bu işlemin endotermik olduğu ve gereken enerjinin ise örgü enerjisinin negatif değerine eşit olduğu söylenebilir (Chang ve Goldsby, 2014, 261; Petrucci vd., 2012, 566). Öte yandan kuramsal açıklamanın bir başka basamağı, çözünme sırasında  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarıyla  $\text{H}_2\text{O}$  molekülleri arasında etkileşim olduğu, yani anyon ve katyonların hidratlaştığı basamaktır (Chang ve Goldsby, 2014, 262; Petrucci vd., 2012, 566).

Bu basamak " $\text{Na}^+_{(g)} + \text{Cl}^-_{(g)} \xrightarrow{\text{suda}} \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} + 784 \text{ kJ/mol}$ " (Chang ve Goldsby, 2014, 262; Petrucci vd., 2012, 567) olarak ifade edilmektedir. Bu iki basamağa ilişkin enerji değişimleri dikkate alındığında katı iyonik bileşiğin, gaz fazındaki maddenin iyonları haline dönüşmesi ve iyonların hidratlaşması olayları kimyasal değişme olarak kabul edilmelidir. Bu durumda fiziksel değişme olarak nitelendirilen çözünme olayı sırasında kimyasal değişmeler meydana geldiği söylenebilir. Öyleyse çözünme olayını fiziksel değişme olarak nitelendirmek çelişkili olduğu düşüncesini akla getirebilir. Buna karşın yukarıda  $\text{NaCl}_{(k)}$ 'nin çözünmesine ilişkin yapılan kuramsal açıklama dikkate alınmaksızın çözelti entalpisi ( $\Delta H_{\text{çözelti}} = 4$  ya da  $5 \text{ kJ/mol}$ , Chang ve Goldsby, 2014, 262, Petrucci vd., 2012, 567) dikkate alınarak çözünmenin fiziksel değişme olduğu söylenebilir. Bu durumda ise çözünme olayına ilişkin derinlemesine bir anlayış geliştirmenin ve maddede meydana gelen değişimi tanecik boyutunda düşünebilmenin önüne bir engel konulduğu endişesi taşınabilir. Bunun yanında ders kitaplarında enerji değişimi ile ilgili; "*Fiziksel değişimlerin gerçekleşmesi için daha az enerji gerekir. Aşağıdaki tepkimelerde olduğu gibi kopan veya oluşan bağın enerjisi genellikle  $40 \text{ kJ/mol}$ 'den küçüktür ve fiziksel değişimdir.*



"Burada vurgulanması gereken, fiziksel ve kimyasal değişimleri kopan veya oluşan bağ temelinde açıklamaktır. Kopan veya oluşan bağ  $40 \text{ kJ/mol}^{-1}$  den küçük ise fiziksel, büyük ise kimyasal değişim gerçekleşir" (Bilenler, 2015, 120) ya da daha genel ifadelerle; "*Kimyasal olaylardaki enerji değişimi, fiziksel olaylara göre daha yüksektir.*



(Ertekin vd., 2018, 132) şeklinde açıklamalara yer verilmekte ve kimi yerde  $40 \text{ kJ/mol}$  lük enerji değişimine vurgu (Güntüt vd., 2018, 137) yapılmaktadır. Burada kriter



olarak belirtilen 40 kJ/mol lük enerji değişimi, zayıf etkileşimlerin (ya da moleküllerarası etkileşimin) yenilmesi/üstesinden gelinmesi (kopması) için gerekli maksimum enerji (Umbland, 1993, 430) düşüncesini ifade edebildiği gibi suyun buharlaşma entalpisi (40,79 kJ/mol, Chang ve Goldsby, 2014, 498; 44 kJ/mol, Petrucci vd., 2012, 510) dikkate alınarak belirlendiği izlenimini de verebilmektedir. Öte yandan yukarıda tartışılan saf  $\text{HCl}_{(g)}$ 'nin suda çözünmesi sırasında 74,8 kJ/molük enerji açığa çıktığıyla (Parker, 1965, 66);  $\text{CaCl}_{2(k)}$ 'nin suda çözünmesi sırasında 81,8 kJ'lük enerji açığa çıkarırken (McMurry, Fay ve Robinson, 2017, 325)  $\text{CaO}$ 'in su ile tepkimesinden 63,2 kJ'lük enerji açığa çıktığıyla (Chiang ve Pan, 2017, 284; Saadi, Khan ve Nosheen, 2015) ve aşağıda verilen Tablo 5'deki örneklerle (URL-1; Chang ve Goldsby, 2014, 262, 498; Sarıkaya, 1997, s. 1165) karşılaşan bir öğrencinin, yukarıda verilen açıklamalara dayanarak değerlendirme yaparken çelişkiye düşebileceği, ihtimal dahilindedir. Çünkü tüm kimyasal reaksiyonların tüm fiziksel değişikliklerden daha fazla enerji ürettiği veya gerektirdiği her zaman doğru değildir (Palmer ve Treagust, 1996). Zira fiziksel değişim olarak nitelendirilen ancak yüksek miktarda enerji gerektiren değişiklikler olduğu bilinmektedir (Aylward ve Findlay, 1977'den aktaran; Palmer ve Treagust, 1996; Parker, 1965; Sarıkaya, 1997, 1165).

**Tablo 5.** Bazı Buharlaşma ve Çözünme Entalpileri

Madde	$\Delta H_{\text{buh}}$ (kJ/mol)	İyonik bileşik	$\Delta H_{\text{çözelti}}$ (kJ/mol)
Etil alkol	39,3	NaCl	4,0
Su	40,79	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	26,6
Hidrojen peroksit	48,5	AgCl	65,5
Civa	59,0	$\text{MgNO}_3$	-90,9
Bakır	305,7	$\text{MgSO}_4$	-91,3
Demir	345,9	AgI	112,2
		$\text{MgI}_2$	-213,2

### c) Işık

Bazı ders kitaplarında, fiziksel değişim örnekleri arasında ışığın yer aldığı örneklerle rastlanmaktadır (Tablo 3). Işığın kırılma, yansımaya ve dağılma özelliklerine dayalı bu örnekler (Hewitt, Suchocki ve Hewitt, 2004, 315-317), fiziksel değişim kavramını ve ışığın ne olduğunu yeniden gözden geçirmeyi gerektirmektedir. Kimya bağlamında fiziksel değişim, maddelerde meydana gelen değişimleri açıklarken kullanılan bir kavramdır. Örneğin buzun erimesi, suyun kaynaması, su buharının sıvı oluşturmak üzere yoğunlaşması sırasında meydana gelen değişimi açıklamak için fiziksel değişim kavramı kullanılmaktadır. Burada kavrama yüklenen anlam; maddenin kimyasal bileşiminde hiçbir değişiklik olmamasıdır (Nelson, 2003; Whitten vd., 2014, 12, 13). Işık örneklerine dönülürse; fiziksel değişime ışığın kırılmasının ya da yansımalarının ör-

nek verilmesi 'ışık madde midir?' sorusunu akla getirmektedir. Bu da ışığın doğasının incelenmesini gerektirir. Ancak Einstein'ın "Elli yıllık bütün kafa yorma, beni "Işık kuantumları nelerdir?" sorusunu yanıtlamaya hiç yaklaştırmadı." sözü (Beiser, 2008, 69) basit bir açıklamayla karşı karşıya olunmadığının ipuçlarını vermektedir. Uzun süren çalışmalar, ışığın ikili doğaya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Buna göre ışık bazı durumlarda bir dalga gibi, bazı durumlarda ise bir parçacık gibi davranmaktadır (Serway, 1996, 986). J. C. Maxwell'in ışık dalgasının bir çeşit elektromanyetik dalga olduğuna ilişkin düşüncesiyle (Çek, 2016; Young ve Freedman, 2010, 1093) beraber bu dalgaların yayılma hızlarını hesaplamasıyla ve H. Hertz'in yaptığı deneysel çalışmalarla ışığın bir elektromanyetik dalga olduğu sonucunu ortaya koymasıyla, ışığın doğasına ilişkin anlayışın gelişmesi sağlanmıştır. Öte yandan ışığın yayılımı ve soğurulması ile ilgili birçok etkinin, onun parçacık özelliği göstermesinden dolayı olduğu bilinmektedir (Young ve Freedman, 2010, 1122). Bu konuda M. Planck, A. Einstein ve A. Compton'un yaptığı araştırmalar, ışığın başka bir ifadeyle elektromanyetik radyasyonun parçacıklardan oluştuğunun anlaşılmasını sağlamıştır (Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, 2003, 955). Foton veya quanta olarak adlandırılan bu parçacıklar (Fishbane vd., 2003, 955; Young ve Freedman, 2010, 1122) ile; ışık dalgasının taşıdığı bölünemeyen enerji paketleri kastedilmektedir (Young ve Freedman, 2010, 1122). Bunun yanında foton adı verilen bu parçacıklar, kütsüz olarak değerlendirilmektedir (Okun, 2002). Tüm bu açıklamalar, kimya bağlamında maddenin "*kütlesi olan ve uzayda yer kaplayan herhangi bir şey*" (Chang ve Goldsby, 2014, 6) şeklindeki tanımıyla beraber düşünüldüğünde; ışığın madde olarak değerlendirilemeyeceği söylenebilir. Ya da özel görelilik teorisi (Young ve Freedman, 2010, 1268) dikkate alınarak madde, kütle, hacim gibi kavramların yeniden gözden geçirilmesi önerilebilir. Ancak halihazırda; ışıқта meydana gelen bir değişimin, maddede meydana gelen değişim için kullanılan bir kavramla (fiziksel değişme) ifade edilmesi çelişkili olabilir. Bu nedenle ışık üzerinden verilecek örneklerde; ışığın maddelerin fiziksel ya da kimyasal değişime uğramasına neden olabilen bir faktör olarak görülmesi ve ışık-madde etkileşimi sonucu maddede meydana gelen değişime odaklanılması gerektiği (Dolu ve Ürek, 2019) dikkatten uzak tutulmamalıdır.

## 5. Sonuç

Doğal dünyaya ilişkin gözlemler ve bu gözlemlerden elde edilen verileri, düzenli hale getirmede ve sınıflamada bir araç olarak fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarını kullanmanın, pek çok ders kitabının bir parçası haline geldiği görülmektedir. Araştırma kapsamında incelenen ders kitaplarında bu kavramların tanımlama, örnekleme ve değişimi ayırt etme bağlamında verildiği görülmektedir. Bunlardan tanımlama, yenilenen Bloom taksonomisinde hatırlama, örnekleme ise anlama düzeyine uygun beceriler olarak ifade edilmektedir. Değişimi ayırt etme ise analiz basamağı ile ilgili olmakla birlikte, daha üst düzey becerileri de içine alan bir niteliğe sahiptir (Bümen, 2006; Yurdabakan, 2012). Bu tespitler, incelemeye konu ders kitaplarında fiziksel ve kimyasal değişme konularını ele alma bağlamına işaret etmektedir.

Fiziksel ve kimyasal değişme kavramlarına ilişkin ders kitaplarında yer alan açıklamalar, yukarıda tartışıldığı üzere bazı belirsizlikler taşımaktadır. Bu belirsizliklere özellikle konunun “zıtlık” üzerinden ele alınmasının ve aşırı genelleme yapılmasının katkı sağladığı düşünülmektedir (Palmer ve Treagust, 1996; Bilgin ve Yiğit, 2017). Bu iki bakış açısına dayalı olarak konunun ele alınmasının fiziksel ve kimyasal değişimin keskin sınırlarla ayrılmasına olanak tanıdığı, bunun da öğretim kolaylığı sağladığı düşünülebilir. Bu durum, farklı konuların öğrenilmesini kolaylaştırması açısından da yararlı bulunabilir. Ancak özellikle ileri öğrenim seviyelerinde kimya içeriğinde yer alan farklı veriler ve örnekler, bu kavramlara ilişkin sınırların keskin olmadığını göstermektedir. Ancak bu durumun öğrenciler tarafından fark edilip edilmediği, üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. Bu nedenle fiziksel ve kimyasal değişme konularına ilişkin açıklamalara yer verilirken çalışmada tartışılan belirsizliklerin dikkate alınması, açıklamaların/örneklerin sınıf düzeyine göre düzenlenmesi önerilmektedir.

### Kaynakça

- ALTINTAŞ, A. (2012). İlköğretim fen ve teknoloji 6. Ankara: Lider Yayıncılık.
- ALTUN, Y. ve Tümay, H. (2013). *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. Ankara: Sözcü Yayıncılık.
- ALTUNKAYNAK, Y. (2016). *Genel kimya laboratuvarı*. Ankara: Efil Yayınevi.
- ATASOY, B., Genç, E., Kadayıfçı, H. ve Akkuş, H. (2007). 7. Sınıf öğrencilerinin fiziksel ve kimyasal değişmeler konusunu anlamalarında işbirlikli öğrenmenin etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 32,12-21.
- AYTAÇ, A., Türker, S., Bozkaya, T. ve Üçüncü, Z. (2018). *Fen bilimleri 8 ders kitabı*. Ankara: Tutku Yayıncılık.
- AVCI, B. A. (2018). *Ortaöğretim kimya 9. sınıf ders kitabı*. Ankara: Sonuç Yayınları.
- BİLENLER, A. K. (2015). *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. Ankara: Ada Matbaacılık Yayıncılık Sanayi ve Ticaret Ltd. Ş.
- BADUR, H. (2018). *Ortaöğretim 9. sınıf kimya ders kitabı*. Ankara: Evrensel İletişim Yayınları.
- BEISER, A. (2008). *Modern fiziğin kavramları* (G. Önengüt, Çev.). Ankara: Akademi Yayıncılık.
- BEVAN OTT, J. ve Boerio-Goates, J. (2000). *Chemical thermodynamics: Principles and applications*. London, UK: Elsevier.
- BİLGİN, A. K. ve Yiğit, N. (2017). Öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişme kavramları ile bağlamları ilişkilendirme durumlarının incelenmesi. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 289-319.
- BURROWS, A., Holman, J., Parsons, A., Pilling, G. ve Price, G. (2017). *Chemistry 3: Introducing inorganic, organic and physical chemistry*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- BÜMEN, N. T. (2006). Program geliştirmede bir dönüm noktası: Yenilenmiş Bloom Taksonomisi. *Eğitim ve Bilim*, 31(142), 3-14.
- CANSIZ AKTAŞ, M. (2019). Nitel veri toplama teknikleri. H. Özmen ve O. Karamustafaoğlu (Ed.), *Eğitimde araştırma yöntemleri içinde* (113-136), Ankara: Pegem Akademi.

## Fiziksel ve Kimyasal Değişme: Keskin Sınırlarla Ayrılabilir Mi?

- CHANG, R. ve Goldsby, K. A. (2014). *Genel kimya* (R. İnam ve S. Aksoy, Çev. Ed.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- CHIANG, P. ve Pan, S. (2017). *Carbon dioxide mineralization and utilization*. Singapore: Springer.
- CUNNINGHAM, W. A. (1935). Sulfur III. *Journal of Chemical Education*, 12(3), 120-124.
- CRESWELL, J. W. (2013a). *Nitel araştırma yöntemleri* (M. Büttin ve S. B. Demir, Çev. Ed.). Ankara: Siyasal Kitabevi.
- CRESWELL, J. W. (2013b). *Araştırma deseni* (S. B. Demir, Çev.). Ankara: Eğiten Kitap.
- ÇEK, N. (2016). Parçacıklar ve parçacıkların enerji kaynakları üzerinde etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(7), 1-8.
- DEMİRCİOĞLU, H., Demircioğlu, G., Ayas, A. ve Kongur, S. (2012). Onuncu sınıf öğrencilerinin fiziksel ve kimyasal değişme kavramları ile ilgili teorik ve uygulama bilgilerinin karşılaştırılması. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(1), 162-181.
- DEMİRELLİ, H. ve Kavak, N. (2011). *Kimya 9 ortaöğretim ders kitabı*. Ankara: Mega Yayıncılık.
- DOLU, G. ve Ürek, H. (2019). Kimyasal değişim temalı etkinliklerin özel yetenekli öğrencilerin kimyasal değişim-ışık ilişkisini kavramsal anlama düzeylerine etkisinin incelenmesi. *Millî Eğitim Dergisi*, 48(222), 33-58.
- DURŞUN, M. F., Gülbay, İ., Çetin, S. ve Tek, Ü. (2008). *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. İstanbul: Feza Gazetecilik A.Ş.
- ERICKSON, S. (2007). *Electrically conductive coatings and method of their use*. United States Patent Application Publication. 5 Şubat 2019 tarihinde <https://patentimages.storage.googleapis.com/a7/c5/dc/f9aa5695eb48d6/US20070029307A1.pdf> adresinden alındı.
- ERTEKİN, A., Kurt, A., Demirbaş, O. ve Erkuş, S. (2018). *Kimya 9 ders kitabı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- FEGLEY, B. Jr. (with contributions by R. Osborne) (2013). *Practical chemical thermodynamics for geoscientists*. USA: Academic Press (Elsevier).
- FISHBANE, P. M., Gasiorowicz, S. ve Thornton, S. T. (2003). *Temel fizik* (Cilt II) (Y. Cengiz, Yayına Hazırlayan). Ankara: Arkadaş Yayınevi.
- GARNETT, P. J., Garnett, P. M. ve 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.
- GENSLER, W. J. (1970). Physical versus chemical change. *Journal of Chemical Education*, 47(2), 154-155.
- GÜNTUT, M., Güneş, P. ve Çetin, S. (2017). *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. Ankara: Saray Matbaacılık A.Ş.
- GÜNTUT, M., Güneş, P. ve Çetin, S. (2018). *Kimya 9 ders kitabı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- HEWITT, P. G., Suchocki, J. ve Hewitt, L. A. (2004). *Conceptual physical science*. San Francisco, CA: Pearson Addison Wesley.
- HUNT, A. (2014). *Dictionary of chemistry*. New York, NY: Routledge.
- KARADAŞ, A., Yaşar, I. Z. ve Kırbaşlar, F. G. (2012). 4. ve 5. sınıf fen ve teknoloji kitaplarında

- “madde ve değişim” öğrenme alanı etkinliklerinin incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 6(1), 94-123.
- KINGİR, S. (2016). *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. Ankara: Tuna Matbaacılık.
- KIRBAŞLAR, F. G. ve İnce, E. (2010). İlköğretim ve orta öğretim ders kitaplarında atom kavramı ve konularının incelenmesi. *Millî Eğitim Dergisi*, 188, 251-273.
- KIRBAŞLAR, F. G., Özsoy-Güneş, Z., Avcı, F. ve Atalar, A. (2012). Fen ve teknoloji ders kitaplarında “madde ve değişim” öğrenme alanındaki bazı kavramların ve örneklemelerin incelenmesi. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 61-83.
- KOMİSYON (2015). *Ortaöğretim kimya 9. sınıf*. Ankara: Tuna Matbaacılık San. ve Tic. A.Ş.
- KORKMAZ, H., Tatar, N., Kıray, S. A. ve Kibar, G. (2008). *6. sınıf fen ve teknoloji ders kitabı*. Ankara: Pasifik Yayınları.
- MCMURRY, J. E., Fay, R. C. ve Robinson, J. K. (2017). *Kimya I. cilt* (C. Uyanık, Çev. Ed.). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- MEB (2000). İlköğretim okulu fen bilgisi dersi (4, 5, 6, 7, 8. sınıf) öğretim programı. *MEB Tebliğler Dergisi*, 63, 2518.
- MEB (2005). İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programı. Ankara.
- MEB (2013). İlköğretim kurumları (ilkokullar ve ortaokullar) fen bilimleri dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı. Ankara.
- MEB (2018). *Ortaöğretim kimya dersi (9., 10., 11. ve 12. sınıflar) Öğretim Programı*. Ankara. 4 Ocak 2019 tarihinde <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=350> adresinden alındı.
- MILES, M. B. ve Huberman, A. M. (2015). *Nitel veri analizi* (S. A. Altun ve A. Ersoy, Çev. Ed.). Ankara: Pegem Akademi.
- MILLER, C. (2016). *Electrothermic compositions*. United States Patent Application Publication. 2 Şubat 2019 tarihinde <https://patentimages.storage.googleapis.com/77/81/84/58170d3bb-baf56/US20160302260A1.pdf> adresinden alındı.
- MİLLÎ Eğitim Bakanlığı Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü (2015). *Devlet parasız yatılılık ve bursluluk sınavı 9. 10. 11. sınıflar*. 20 Ocak 2019 tarihinde [https://odsgm.meb.gov.tr/meb\\_ys\\_dosyalar/2015\\_06/16091404\\_9\\_10\\_11\\_sinif\\_a.pdf](https://odsgm.meb.gov.tr/meb_ys_dosyalar/2015_06/16091404_9_10_11_sinif_a.pdf) adresinden alındı.
- NAKİBOĞLU, C. ve Erol, N. (2017). Deneyimli kimya öğretmenlerinin fiziksel ve kimyasal değişimler konusunun öğretimi ile ilgili düşünceleri. *MSKU Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 33-45.
- NELSON, P. G. (2003). Basic chemical concepts. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4, 19-24.
- NEWTON, D. E. ve Baker, L. W. (1999). *Chemical elements: P-Z*. X.U.L.
- OKUN, L. B. (2002). Photons, clocks, gravity and the concept of mass. *Nuclear Physics B (Proc. Suppl.)*, 110, 151-155.
- ÖLÇÜN, M., Çilenti, K., Erdoğan, H., Ölçün, M., Savcı, S. ve Akoral, N. (Komisyon) (1971). *Fen ve tabiat bilgileri ilkokul kitapları 5. sınıf*. İstanbul: Millî Eğitim Basımevi.
- ÖSYM (1990, 1992, 2003, 2004, 2005). Öğrenci seçme sınavı (ÖSS). 12 Kasım 2019 tarihinde ht-

## Fiziksel ve Kimyasal Değişme: Keskin Sınırlarla Ayrılabilir Mi?

ps://www.osym.gov.tr adresinden alındı.

- PALMER, B. ve Treagust, D. F. (1996). Physical and chemical change in textbooks: An initial view. *Research in Science Education*, 26(1), 129-140.
- PARKER, V. B. (1965). *Thermal properties of uni-univalent electrolytes*. National Standard Reference Data Series — National Bureau Standards 2 (United States Department of Commerce).
- PETRUCCI, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D. ve Bissonnette, C. (2012). *Genel kimya ilkeler ve modern uygulamalar* (T. Uyar, S. Aksoy ve R. İnam, Çev. Ed.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- RAMANATHAN, E. (2005). *Dictionary of chemistry*. Chennai: Sura Books.
- RENNIE, R. ve Law, J. (2016). *A Dictionary of chemistry*. United Kingdom, UK: Oxford University Press.
- SAADI, M., Khan, B. I. ve Nosheen, G. (2015). Calcium oxide (CaO) as an energy source. *American Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 1(1), 16-20.
- SARIKAYA, Y. (1997). *Fizikokimya*. Ankara: Gazi Büro Kitabevi.
- SERWAY, R. A. (1996). *Fen ve mühendislik için fizik* (K. Çolakoğlu, Çev. Ed.). Ankara: Palme Yayıncılık.
- SHARMA, N. P. (1998). *Dictionary of chemistry*. New Delhi: Gyan Publishing House.
- STIMOLA, A. (2007). *Sulfur understanding the elements of the periodic table*. NY: The Rosen Publishing Group, Inc.
- UMLAND, J. B. (1993). *General chemistry*. St. Paul, MN: West Publishing Company.
- URBONAITE, S. (2008). *Synthesis and characterisation of carbide derived carbons*. Department of Physical, Inorganic and Structural Chemistry, (Doctoral Thesis) Stockholm University.
- WHITTEN, K. W., Davis, R. E., Peck, M. L. ve Stanley, G. G. (2014). *Kimya* (M. Tüfekçi, S. Karaböcek, S. Karşıoğlu ve A. Demirbaş, Çev. Ed.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- VAROL, S., Davraz, A. ve Varol, E. (2008). Yeraltı suyu kimyası ve sağlığa etkisinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 7(4), 351-356.
- YETKİN, C., Gülbay, İ. ve Çetin, S. (2006). *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. Ankara: Ajans Türk A.Ş.
- YOUNG, H. D. ve Freedman, R. A. (Ford, A. L., Yardımcı Yazar) (2010). *Sears ve Zemansky'nin üniversite fiziği (Cilt II)* (H. Ünlü, Çev. Ed.). İstanbul: Pearson Education Yayıncılık.
- YILMAZ, M., Kara, İ. H., Poyraz, B. ve Mayda, A. S., (2014). Konuralp beldesinde içme sularının elementer analizi ve içerdiği ağır metaller: şebeke suyu, doğal kaynak suyu ve zemzem suyunun karşılaştırılması. *Konuralp Tıp Dergisi*, 6(3), 54-58.
- YURDABAKAN, İ. (2012). Bloom'un revize edilen taksonomisinin eğitimde ölçme ve değerlendirmeye etkileri. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 327-348.
- URL-1: [https://chem.libretexts.org/Courses/Howard\\_University/General\\_Chemistry%3A\\_An\\_Atoms\\_First\\_Approach/Unit\\_4%3A\\_Thermochemistry/09%3A\\_Thermochemistry/Chapter\\_9.05%3A\\_Enthalpies\\_of\\_Solution](https://chem.libretexts.org/Courses/Howard_University/General_Chemistry%3A_An_Atoms_First_Approach/Unit_4%3A_Thermochemistry/09%3A_Thermochemistry/Chapter_9.05%3A_Enthalpies_of_Solution)
- <http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/termodinamiktablo.pdf>
- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23618813#section=Top>