

KİMYA EĞİTİMİNDE KAVRAM YANILGILARI

MISCONCEPTIONS IN CHEMISTRY EDUCATION

İnci MORGİL Emine ERDEM Ayhan YILMAZ*

ÖZET: Kimya eğitiminde öğretilen kimya kavramlarının öğrenciler tarafından doğru algılanmadığı ve sonuçta farklı, doğru olmayan bilgilerin oluştuğu çok sıkça gözlenmektedir. Diğer yünden kavram yanlışları bilginin her alanında oluşmaktadır. Öğrencilerde farklı, kimya konuları ile ilgili öğrenme zorluklarının ortaya çıkarılması ve anlamlı öğrenmenin gerçekleştirilmesi için bu alanda yapılan bilimsel çalışmaların değerlendirilmesi kimyanın öğretiminin nasıl yürütüleceği konusuna katkıda bulunacaktır. Çalışma kapsamında kimyanın temel konuları kimyasal denge, kimyasal bağlar, kimyasal değişim, asitler ve bazlar, termodinamik, gazlar, elektrokimya, ile ilişkili yerli ve yabancı çok sayıda kaynak değerlendirilmiştir. Değinilen kavram yanlışlarının düzeltilmesine yönelik hangi yöntemlerin eğitimde kullanılabilceği açıklanmıştır.

Anahtar Sözcükler: kimya eğitimi, kavram yanlışları, yanlışların giderilmesine yönelik uygulamalar

ABSTRACT: It is frequently observed that the concepts taught in Chemistry Education cannot be understood by the students clearly and as a result of this, misconceptions occur. In another way, misconceptions occur in every area of knowledge. Determining the students' learning difficulties and evaluating the studies done in this area, will support Teaching Chemistry. In this study researches related with chemical equilibrium, chemical bonding, chemical change, acids and bases, thermodynamics, gases and electrochemistry were investigated. In order to remediate these misconceptions, some methods that can be used in education are explained.

Key Words: chemistry education, misconceptions, applications in order to remediate misconceptions.

1. GİRİŞ

Fen eğitiminde genel olarak öğrencilerin anlatılan konularda değinilen kavramlar hakkında yanlış anlama, görüş ve bilgilere sahip olmaları genel

olarak kavram yanlışları olarak tanımlanmaktadır. Kimya konularında öğrencilerin öğrenmesini etkileyen en önemli faktör öğrencinin sahip olduğu bilgi birikimidir. Yeni öğrenilecek kavram, bilgi ve ilkeler daha önce öğrenilmiş olan bilgilerle ilişkilendirildiğinde anlam kazanır. Ancak burada ortaya çıkan en önemli konu öğrencide öğrenme açısından doğru kavramların bilgi olarak algılanması ve saklanmasıdır. Kavram yanlışları öğrencilerin belirli bir probleme yönelik doğru olmayan düşünceleri veya bilimsel olmayan bilgileridir ve yukarıda değinildiği gibi büyük bir olasılıkla anlatılan konuları yanlış anlamalarından kaynaklanırlar. Uygulamalarda öğretmenin konuyu anlatma tarzı yine kavram yanlışlarının oluşmasına neden olabilir. Öğrenciler ayrıca daha önceden öğrenmiş oldukları kavramları yeni öğrendikleri kavramlarla birleştirirken yeni kavram yanlışları da ortaya çıkabilir. Kavram yanlışları genel olarak öğrencilerle sözlü görüşme yaparken veya farklı ölçme değerlendirme tekniklerini uygularken saptanabilmektedir (Morgil ve Yılmaz, 2001). Çoktan seçmeli, kısa cevap gerektiren testler ve yazılı yoklama sınavları gibi ölçme yöntemleri genellikle kavram yanlışlarının saptanmasına yöneliktir. Ancak yazılı yoklamalarda öğrencilerin büyük bir çoğunluğu soruyu cevaplarken bütün bilgilerini kağıda döktüğünden daha fazla kavram yanlışına sahip olmaktadır (Morgil ve Yılmaz 2002a; Morgil ve Yılmaz 2002b). Son zamanlarda geliştirilen öğretim teknolojileri genellikle kavram yanlışlarını

* H.Ü. Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı Öğretim Elemanları-Ankara

gidermeye yönelik hazırlanmaktadır. Örneğin kavram haritalarının kullanılması, V-diyagramlarının yapılması, tartışılan konularla ilgili portfolyo düzeneklerinin ve kavramsal değişim metinlerinin hazırlanması, analogi oluşturma, ve yine uygulamalarda iki aşamalı testlerin kullanılması son zamanlarda yapılan önemli uygulamalardır. Yine kimya eğitiminde proje çalışmalarının yapılması ve uygulamalarda bilgisayar destekli öğretime geçilmesi kavram yanılgılarının azalmasına neden olmaktadır. Uygulamalarda kavram yanılgıları ile ilgili değinilmesi gereken diğer önemli bir faktörde ders kitaplarının pek çok önemli kavram yanılgılarını içermesidir. Bu konuda MEB kitap hazırlama komisyonlarına büyük görevler düşmektedir.

2. YÖNTEM

Kimya Eğitiminde kavram yanılgılarının belirlenmesi amacıyla kaynak araştırması yapılmıştır. Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı'nda yapılan bazı Yüksek Lisans tez çalışmaları ve İnternet sınıfında yapılan uygulamalar ile bu alanda yapılmış olan çalışmalar değerlendirmeye alınmıştır.

3. BULGULAR

Öncelikle Kimya Eğitiminde seçilen temel konulardaki kavram yanılgılarının neler olduğu araştırılmıştır.

3.1. Kimyasal Denge

Finley ve çalışma arkadaşları (1982) kimya alanında yaptıkları araştırmalarda, başlıca dört konunun öğrenciler tarafından zor anlaşıldığını ortaya çıkarmışlardır. Bunlar; *kimyasal denge*, *mol*, *reaksiyon stokiyometrisi ve yükseltgenme indirgenme* tepkimeleridir. Bu konular içerisinde *kimyasal denge* öğrenciler için anlaşılması en zor olan konu olarak değerlendirilmiştir. Öğrencilerin kimyasal denge konusunda zorlanmalarının iki önemli nedeni olduğu Wheeler ve Kass (1978) tarafından yapılan çalışmada açıklanmıştır. Bu nedenlerden birincisi: Değinilen konuların çok kuramsal oluşu, ikincisi: Günlük konuşma dilindeki kelimelerin farklı anlamda kullanılıyor olmasıdır (Berg-

quist & Heikkinen, 1990). Öğrencilerin ileri yündeki reaksiyon hızları ifadesini fiziksel şartların değişmesi ile karıştırdıkları ve yanlış yorumlar getirdiklerini açıklayan çalışma Hacling ve Garnett (1986) tarafından ortaya çıkarılmıştır. Söz konusu çalışmada öğrencilerde en çok rastlanan yanlış anlama ise hızın zamanla arttığı ve reaksiyonun denge ile sona erdiği yönünde olmuştur. Çalışmada bir çok öğrencinin Le-Chatelier Prensibi'nin uygulanmasında, şartlarda yapılan değişikliğin tercihli reaksiyonun hızını etkilediği fakat zıt yöndeki reaksiyon hızını azalttığı şeklinde bilgilere sahip oldukları ve bu şekilde yorumladıkları tespit edilmiştir. Gage (1986) tarafından yapılan diğer bir çalışmada denge sisteminin niteliksel özellikleri araştırılmıştır. Söz konusu çalışmada öğrencilerin; dengenin reaksiyona girenlerden birinin derişimindeki değişiklikleri karşılamak zorunda olduğunu bildiklerini fakat reaksiyondaki bütün türlerin derişimlerini doğru olarak belirleyemedikleri gözlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışma Güney Afrika'da Witwatersrand Üniversitesinde gerçekleştirilmiştir (Huddle and Pillay, 1996). Araştırmaya toplam 642 üniversite 1. sınıf öğrencisi katılmıştır. Araştırma konusu öğrencilerin kimyasal denge ve stokiyometri konularındaki kavram yanılgıları tespit etmektir. Araştırmada: a) Öğrencilerin bir çoğunun kimyasal denge ve stokiyometri konusunda kavramları anlayamadıkları, b) Öğrencilerin bir çoğu sistem dengede iken K_d 'nin sayısal değerinin 1'e eşit olduğunu düşündükleri tespit edilmiştir. Bilgin ve Geban (2001) tarafından yapılan çalışma ise analogi kullanarak lise ikinci sınıf öğrencilerinin kimyasal denge konusunu daha iyi anlamalarının sağlanmasını ve kavram yanılgılarının giderilmesini amaçlanmaktadır. 38 lise ikinci sınıf öğrencisine öğretim öncesi ve sonrasında kimyasal denge kavram yanılgı testleri uygulanmıştır. Deney grubundaki öğrencilere 5 analogi; öğretim sürecinde gruplar halinde yaptırılmış, kontrol grubundaki öğrencilere ise geleneksel yöntem kullanılmıştır. Değerlendirmelerde; deney grubunun kavramlarla ilgili başarılarının istatistiksel olarak kontrol grubundan daha fazla olduğu saptanmıştır. Bergquist ve Heikkinen (1990) tara-

findan yapılan çalışmada kimyasal denge konusunda genel kimya dersi alan öğrencilerle sözlü görüşme yapılmıştır. Sözlü görüşme sonucunda ortaya çıkan yanlış kavramlar zorluk derecesine göre 4 genel başlık altında toplanmıştır. Öğrencilerin; *mol ile derişimi ayırt edemedikleri, madde nin derişiminin değişip değişmediğini anlamadıkları, K_d 'nin anlamını öğrenmedikleri ve Le-Chatelier Prensibi'ni kullanırken zorlandıkları* tespit edilmiştir.

Le-Chatelier Prensibi'nin anlaşılmasına etki eden faktörleri içeren ve Le-Chatelier Prensibi'nin uygulaması, öğrenimi ve öğretimi ilgili diğer problemleri araştıran çalışma Jordan (1993) tarafından yapılmıştır. Araştırmada öğrencinin bir kuralın anlamını tam olarak anlaması için: kuralda kullanılan kavramları anlaması, kavramlar arasındaki karşılıklı ilişkiyi anlaması ve yorumlayabilmesi ve aynı zamanda öğrencinin kendi sözleri ile kuralı ifade edebilmesi ve ayrıca alternatif formülleri/simgeleri tanıması gerekliliği ifade edilmiştir. Johnstone ve arkadaşları (1977) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, İskoçya'daki lise öğrencilerinin yaklaşık %80'inin reaksiyonun denge durumunu iki ayrı bölmeden meydana gelmiş gibi düşündükleri ve yine denge reaksiyonunu "sağ ve sol yanlılık" olarak anladıkları tespit edilmiştir. Bunun nedeninin kimyasal denge kavramını açıklamak için kullanılan materyallerden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin katalizörün kimyasal dengeye etkisi ile ilgili olarak da yanlış kavramlara sahip oldukları saptanmıştır. Yapılan diğer bir araştırmada, öğrencilerin kimyasal denge konusundaki başarılarını ölçmek için üç metot uygulanmıştır (Gorodetsky et al. 1986). Uygulanan ölçme metodları: okul başarı testi, kimyasal denge kavramını merkez alan yanlış kavram testi ve kavram haritalarıdır. Araştırma 12. sınıf 162 kimya öğrencisi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Öğrencilere uygulanan testler karşılaştırıldığında; öğrencilerin yanlış kavram testindeki başarılarının, okul testindeki başarılarından daha az olduğu tespit edilmiştir. Quiles ve Solaz (1995) tarafından yapılan çalışmada ise öğretmenler ve öğrencilerin bazı

kimyasal denge problemlerini çözmek için kullandıkları metotlar, stratejiler ve bunları kullanmalarının sebepleri araştırılmıştır. Bu amaçla bir test geliştirilmiş ve üniversite 1.sınıfta okuyan 170 kimya öğrencisine uygulanmıştır. Çalışmada ayrıca öğrencilerin testlerinde bulunan bir kimyasal denge problemi 40 kimya öğretmeni tarafından çözülmüş ve öğretmenlerin problemleri çözmedeki bakış açıları karşılaştırılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda öğrenci ve öğretmenlerin Le-Chatelier prensibi hakkında hangi yanlış kavramlara sahip oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin kimyasal denge kavramlarını anlamalarını etkileyen sahip oldukları kavram hataları da değerlendirilmiştir. Akkuş (2000) tarafından yapılan çalışmada lise ikinci sınıf öğrencilerinin kimyasal denge ile ilgili kavram yanlışları araştırılmıştır. Çalışma kapsamında yeniden yapılandırıcı yaklaşım ile geleneksel öğretim yönteminin öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramları anlamadaki etkileri karşılaştırılmıştır. Araştırmada öğrencilere kimyasal denge ile ilgili kavram ve bilimsel işlem beceri testleri uygulanmıştır. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde yeniden yapılandırıcı yaklaşım ile ders anlatılan öğrencilerin başarılarının; geleneksel öğretim yöntemi ile ders anlatılan öğrencilere göre daha yüksek olduğu ve kavram yanlışlarının bu grupta daha az olduğu saptanmıştır.

3.2. Kimyasal Bağlar

Kimyasal bağlar konusunda gözlenen kavram yanlışlarının tespiti ve giderilmesi ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Raymond ve arkadaşlarının (1989) yaptığı bir araştırmada kovalent bağ ve yapısı konusunda 12. sınıf öğrencilerinin kavram yanlışlarını tespit etmek amacıyla bağ polaritesi, moleköl şekilleri, moleköl polaritesi, moleküller arası kuvvetler ve oktet kuralı kavramları örnek olarak seçilmiş ve öğrencilerin kavram yanlışları tespit edilmiştir. Peterson, Treagust ve Garnett (1989) tarafından yapılan çalışmada öğrencilerin kovalent bağ ve yapısı hakkındaki düşüncelerini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Bu araştırma için geliştirilen diagnostik test çalışma

kapsamında 11. ve 12. sınıfta okuyan toplam 243 öğrenciye uygulanmıştır. Değerlendirmeler sonucunda öğrencilerin diagnostik testin birinci basamağını yüksek oranda cevapladıkları ve soruların her iki basamağını da doğru cevaplayan öğrenci sayısının daha az olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerde saptanan yanlış kavramlar: Bağ polaritesi, molekül şekli, moleküller arası kuvvetler, molekül polaritesi, oktet kuralı ve örgü kavramlar hakkındadır. Birk ve Kurtz (1999) tarafından yapılan çalışmada, Peterson, Treagust ve Garnett (1989) tarafından geliştirilen kovalent bağ ve yapısı hakkındaki diagnostik test çeşitli seviyelerdeki öğrencilere uygulanmıştır. Değerlendirmeler sonucunda deneyimli öğrencilerin kimyasal bağlar konusunda daha az kavram yanılgısına sahip oldukları saptanmıştır. Yapılan bir diğer çalışmada İspanya’da 12. sınıf lise ve üniversite birinci sınıf kimya dalı öğrencilerinin molekül geometrisi ve molekül polarite kavramlarını anlamaları ve nasıl anlamaları gerektiği araştırılmıştır. Öğrencilerin kimya kavramlarını anlaşılır bir şekilde öğrenebilmesi için kavramsal yöntemler ve zorlukları tespit edilerek öneriler getirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada öğrencilerin kavram yanılgıları belirlendikten sonra kavram yanılgılarının ne zaman ve ne şekilde giderileceği konusuna da değinilmiştir (Furio & Calatayud, 1999). Diğer bir çalışmada ise kimyasal bağlar konusunda Lewis yapısını çizme ve taksonominin bilgi, kavrama ve uygulama düzeylerini ölçmek amacıyla öğrencilere bir test uygulanmıştır. Teste 47 gönüllü öğrenci katılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda öğrenciler moleküllerin Lewis yapılarını çizerken merkez atomunun seçilmesinde paylaşılmamış elektronların yapıdaki hangi atoma ait olduğu konusunda zorlandıkları tespit edilmiştir (Brady et al., 1990). Taber (1997) tarafından yapılan çalışmada ise, kimyasal bağlar konusunda literatürde çok fazla araştırma olmadığı vurgulanmış ve bu düşünceden hareketle iyonik bağ konusundan örnek olarak seçilen NaCl bileşiği ile ilgili olarak öğrencilerin alternatif görüşleri araştırılmıştır. Çalışmaya İngiltere’den seçilen 8 okuldan 370 öğrenci katılmıştır. Öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki bilgi düzeyleri eşit ol-

madığı için öğrenci yanıtları üç grupta toplanıp değerlendirilmiş ve öğrencilerin iyonik bağ açıklamak için seçilen NaCl kristalinin yapısını anlamakta zorlandıkları tespit edilmiştir. Boo (1998) tarafından yapılan diğer bir çalışmada Singapur’da 12. sınıfta okuyan öğrencilerin kimyasal bağların doğası ve kimyasal reaksiyonlardaki enerji değişimleri konusunda bir çok alternatif kavrama sahip oldukları tespit edilmiştir. 48 öğrenciyle sözlü görüşme yapılmıştır. Her bir sözlü görüşme ortalama 60 dakika sürmüştür. Öğrencilerin bir çoğunun kimyasal bağlar konusunda yanlış kavramları olduğundan reaksiyondaki enerji değişimini doğru tahmin edemedikleri saptanmıştır. Ayrıca öğrencilerin %58’inin iyonik bağ ile kovalent bağ ve bu bağlarla diğer bağları da karıştırdıkları gözlenmiştir. Purser (1999), kimyasal bağlar ile ilgili çalışmasında “Lewis yapıları orbitallerin kullanımıyla ilgili olmadığından moleküllerin elektronik yapısının tahmininde kullanılamaz. Lewis yapısı bize molekül polaritesi, bağ uzunluğu, bağ açısı ve bağ kuvveti gibi özelliklerde bilgi vermez. Lewis yapısı sadece oktet kuralına uyan 2. periyot atomlarının meydana getirdiği moleküllerdeki atom sayıları hakkında bilgi verebilir. 3. periyottaki elementlerin atomları moleküllerinde oktet kuralına uymayabilir, bundan dolayı da Lewis yapıları yazılamaz” şeklinde bilgi vermiştir. Robinson (1998), kimyasal bağlar konusunda çok sayıda makale incelemiştir. Özellikle incelenen makaleler kimyasal bağlar konusunda öğrenci fikirlerini kapsamaktadır. Araştırmalarda kimyasal bağlar konusunda öğrencilerde var olan alternatif çatının genel olarak oktet kuralına dayandığı ifade edilmiştir. Ayrıca oktet kuralının yanlış kavramlara neden olmasına rağmen eğitimde oktet kuralının kullanılmasından vazgeçilmemesi vurgulanmıştır. Yılmaz ve Morgil (2001) tarafından yapılan çalışmada üniversite 2. ve 4. sınıf öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundan seçilen 5 kavramı ne derece anladıkları araştırılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda öğrencilerin bağ polarlığı, molekül polarlığı, VSEPR Kuramı, Lewis yapısı ve Molekül şekli kavramlarındaki yanılgıları ortaya çıkarılmıştır. Araştırmaya katılan 2. sınıf öğren-

cilerinin kimyasal bağlar konusu ile ilgili bilgileri yeni öğrendikleri için kavram yanlışlarının 4. sınıf öğrencilerine göre daha az olduğu saptanmıştır. Konu ile ilgili yapılan diğer bir çalışmada ise, 81 lise 3. sınıf öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki yanlış kavramları ortaya çıkarılmıştır. Bu amaçla öğrencilerin kimyasal bağlar konusunu anlaması üzerine yapılandırıcı yaklaşım ile, geleneksel öğretim yaklaşımının etkileri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki başarılarının beklenenden düşük çıkmasının nedeni olarak, üniversite giriş sınavında kimyasal bağlar konusu ilgili soru sorulmamasıdır (Atasoy ve diğer.,2003).

3.3. Kimyasal Değişim

Kimyasal reaksiyon kavramı kimya dersinin temelini oluşturmaktadır. Kimya dersinin öğretiminde öncelikle kimyasal reaksiyon kavramı verilmektedir. Yapılan çalışmalar (Frazer 1982; Gabel 1989; Lythcott, 1990) öğrencilerin kimyasal reaksiyonlarla ilgili problemleri doğru oluşturduğu yanıtlarını vermiştir, ancak temel kavramları anlayamamışlardır. Kimyasal değişimde öğrencilerin maddelere ilişkin gözlemlerini doğru ifade edemedikleri sadece somut durumları anlayabildikleri gözlenmiştir (Boujaoude, 1991; Abraham, Williamson and Westbrook, 1994). Bunun sonucunda Kimyasal değişimin nasıl ve neden oluştuğunun tam olarak öğrenilememesi kavram yanlışlığına neden olmuştur (Ben-Zvi, Eylon and Silberstein, 1986). Bu konudaki araştırmalarda öğrencilerin kimyasal reaksiyonların her zaman ısıtma gibi dış etkenlerin etkisi ile gerçekleşmediğini anlamada zorluk çektikleri gözlenmiştir (Novick & Nussbaum, 1978). Bir kimyasal değişim reaksiyona giren maddeler arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Oysa öğrencilerin çoğunluğunun kimyasal değişimin; aktif tarafın pasif maddeler üzerindeki etkisinin sonucu olduğunu düşündükleri tespit edilmiştir (Boo, 1998). Öğrencilerin kimyasal değişime ilişkin sahip oldukları kavram yanlışlarının maddenin partikül yapısını iyi anlayamamalarından ve geleneksel öğretimde

öğrencilerde net olmayan bilgilerin oluşmasından kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Novick and Nussbaum, 1978).

3.4. Asitler ve Bazlar

Asitler ve bazlar konusu ortaöğretim kimya programlarında önemli bir yer tutmaktadır. Bu iki kavram birbiri ile bağlantılıdır. Dolayısıyla öğrencilerin bu iki kavramdan biri ile ilgili zorluk yaşaması birbirini tamamlayan durumlarda da zorluk çekmesine ve kavram yanlışlarına neden olacaktır (Vidyapati and Seetharamappa, 1995, Kauffman, 1988). Öğrencilerin sahip olduğu yanlış kavramlar daha üst sınıflarda bu kavramların öğrenilmesini etkileyecektir (Toplis, 1998). Bu kavramların öğretiminde kullanılacak yöntem uygulamalarda kavramlar arasındaki ilişkiyi verebilmeli, öğrencilerin anlamasını sağlayan ve öğrencilerin oluşturduğu ilişkileri modelleyen özellikte olmalıdır (Drago, 1974). Bu kavramlarla ilgili olarak kavram haritasının benimsendiği çalışmalarda öğrencilerin kendilerine özgü kavramlara sahip oldukları ve bu kavramların programda yer alan kavramlarla uyummadığı saptanmıştır (Ross & Munby, 1991; Hand 1989). Ayrıca günlük dilde kullanılan asit baz kavramlarının bilimsel kavramlara oranla daha kalıcı olduğu ve öğrencilerin oluşturduğu kavram haritalarında birbirleri ile ilişkili olan kavramlar arasında boşluklar olduğu tespit edilmiştir. Zayıf asit ve zayıf asidik terimlerinin kullanılmasının ortaya çıkardığı kavram yanlışlarının araştırıldığı bir çalışmada (Oversby, 2000) öğrencilerin pH kavramı üzerinde düşüncelerini sağlamanın; bu iki terim ile ilgili yanlışların azalmasında olumlu etkilerinin olacağı sonucu ortaya çıkmıştır. Nötralizasyon kavramının ele alındığı bir başka çalışmada (Schmidt, 1991) öğrencilere nötralizasyon olayında tepkimesi sorulduğunda, öğrenciler nötralizasyon olayında bir tuz çözeltilisinin oluştuğunu ve reaksiyonun geri dönüşü olmayan bir reaksiyon olduğunu belirtmişlerdir.

3.5. Termodinamik

Yapılan araştırmalarda çoğu öğrencinin, temel kimya kavramlarını doğru şekilde anlamadıkları

(Gabel, Samuel & Hunn, 1987) ve anlaşılmayan temel kavramlarla bu temel kavramlara dayanan ileri düzey kavramları anlamada zorluk çektikleri ve bu nedenle öğrencilerin kimyada problem çözmede gerekli kavramsal bilgilerden yoksun kaldıkları (Abimbola, 1988) gözlenmiştir. Genel kimya ve fizikokimya dersi konularında da problem çözümlerine ilişkin bazı sorunlar olduğu ve bunların kavram yanılgılarından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu nedenle kimyasal termodinamik dersinde karşılaşılan isoterm sistemlerde; iç enerji değişimi, adiabatik sistemlerde; entropi değişimi, kendiliğinden olan sistemlerde; entropi değişimi, serbest enerji değişimi ve endotermik reaksiyonlarda entalpi değişimi konuları işlenirken öğrencilerde ortaya çıkan kavram yanılgıları araştırılmıştır (Granville, 1985). Fizikokimya dersini alan öğrencilerin daha önceden kimyasal denge konusunu okumalarına rağmen termodinamik konusunda tekrarlanan kimyasal denge ile ilgili temel bilgilere ilişkin zorluklar yaşadıkları tespit edilmiştir (Thomas and Schwenz, 1998). Burada öğretmenlerin geleneksel yöntemle ders işleme-ri sonucu öğrencide oluşan yanlış kavramları değiştirmeleri söz konusu olamamaktadır.

3.6. Gazlar

Yapılan çalışmalarda lise öğrencilerinin madde ve gazların özelliklerini öğrenmiş olmalarına rağmen gazların ağırlığının olmadığına inandıkları gözlenmiştir (Stayv, 1987). Öğrenciler havada uçan balonu yada maden suyundan uzaklaşan karbondioksit gazını gördüklerinde gazın hafif yada kütesinin olmadığını düşünmektedirler. Gazlar konusunda yapılan diğer bir çalışma sonunda elde edilen veriler incelendiğinde öğrenci ve öğretmenin alternatif kavramlara sahip oldukları gözlenmiştir (Lin & Cheng, 2000). Bu çalışmada kavramsal problem çözmenin önemi vurgulanmıştır. Lawrenz, et.all (2000) tarafından yapılan diğer bir çalışmada gaz kanunlarıyla ilgili olarak öğrenci ve öğretmenlerde varolan yanlış kavramlar araştırılmıştır. Araştırma 11. Sınıfta okuyan 119 ortaöğretim öğrencisi ve 36 öğretmen üzerinde yürütülmüştür. Araştırmada açık uçlu soruları içeren test

kullanılmıştır. Boyle, Charles ve İdeal Gaz kanunlarının işlenmesinden hemen sonra öğrencilerden dört problemde oluşan testin çözülmesi istenmiştir. Daha sonra öğrenci ve öğretmenlerden sorulan problemler ile ilgili diyagram ve şekillerin çizilmesi ve konu ile ilgili düşüncelerinin ifade edilmesi istenmiştir. Testte yer alan problemler kavramsal bilgi gerektiren soruları içermektedir. Değerlendirmeler sonucunda, örneğin hacim-sıcaklık ile ilgili problemde öğrenci ve öğretmenlerin yarısının yanlış yorumlar yaptıkları saptanmıştır. Öğrencilerin yaklaşık %80'inin kavramsal problemlerin çözümünde yetersiz ve yanlış cevaplar verdiği görülmüştür. Mol, stokiyometri ve gaz kanunları içerikli problemlerin çözümünde öğrencilerin hangi strateji ve becerileri kullandıklarının araştırıldığı çalışmaya (Gabel, 1984) 266 öğrenci katılmıştır. Çalışmanın amacı, başarılı ve başarısız öğrencilerin problem çözme sırasında kullandıkları stratejileri karşılaştırmaktır. Sonuçta başarılı ve başarısız öğrencilerin gaz ve molarite kanunları ile ilgili problemlerin çözümünde yetenekleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada da öğrencilerin gazlar ile ilgili problemleri çözmelerine karşın diagram şeklinde verilen gazlarla ilgili problemleri çözememeleri araştırılmıştır (Pickering, 1990). Çalışma 101 öğrenci üzerinde yürütülmüştür. Öğrencilerin stokiyometrik problemleri kolay bir şekilde çözebilmelerine karşın, verilen diyagramlardan eşitlikleri yazamadıkları saptanmıştır. Öğrencilerden beş kişi dışında kalanların hepsinin geleneksel sayısal gaz problemlerini çözdüğü, yalnızca 38 kişinin de kavramsal soruları doğru cevapladığı gözlenmiştir.

3.7. Elektrokimya

Kimyanın önemli konularından bir diğeri olan Elektrokimya konusunda çok sayıda araştırma yapılmış ve kavram yanılgılarının olduğu belirlenmiştir (Sanger and Greenbowe, 1997; Garnett and Treagust, 1992a, Birss and Truax, 1990; Garnett and Treagust, 1990; Garnett and Treagust, 1992b; Sanger and Greenbowe, 1999; Geban ve diğer., 1999a; Morgil ve diğer., 2002). Elektrokimya konusu hem öğretmenler hem de öğrenciler tarafın-

dan anlaşılması zor olan kavramları içermektedir. Dolayısıyla öğrencilerin bu kavramları öğrenmeleri güç olmaktadır. Elektrokimya konusu öğretilirken öğretimde daha etkili öğretim yöntemlerinin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır (West, 1986; Al-Soudi, 1989). Allsop ve George (1982) tarafından yapılan çalışmada öğrencilerin standart indirgenme potansiyellerinden yararlanarak pillerde gerçekleşen kimyasal reaksiyonları tahmin etme konusunda zorlandıkları gözlenmiştir. Ogude ve Bradley (1994) tarafından yapılan diğer bir çalışmada Elektrokimya konusunda öğrencilerin büyük bir çoğunluğu matematiksel işlem gerektiren problemleri çözmelerine rağmen daha üst düzey bilgi ve yoruma dayalı problemleri çözmede zorlanmışlardır. Öğrencilerin yükseltgenme-indirgenme reaksiyonları ve elektrokimyasal hücre konularında kavram yanlışlarına sahip olduğu tespit edilmiştir (Garnett and Treagust 1992a; Garnett and Treagust 1992b). Elektrokimya konusunda ortaya çıkan kavram yanlışlarının araştırılmasına yönelik bazı çalışmalarda da kimya müfredat programının tartışılması gerektiği ifade edilmiştir (Garnett and Treagust, 1990). Geban ve diğer., (1999a) tarafından “Elektro Kimya Konusunda Kavram Yanlışlarının Araştırıldığı” çalışmada doğru-yanlış ve çoktan seçmeli soruları içeren test hazırlanarak özel bir lisede okuyan lise üçüncü sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Değerlendirmeler kavram yanlışlarının ünite işlendikten sonrada devam ettiğini göstermiştir. Öğrencilerin pillerdeki akım olaylarını tam kavrayamadıkları, örneğin elektronların serbest halde ya da iyonlarla birlikte çözelti içinde dolaştıkları saptanmıştır.

4. Kavram Yanlışlarının Giderilmesinde Kullanılan Yöntem ve Yaklaşımlar

Kimya eğitiminde kavram yanlışlarının giderilmesinde kullanılan yöntemler aşağıdaki şekildedir.

4.1. Kavramsal değişim metninin kullanılması

Kavramsal değişim metinleri, öğrencilerin sahip olduğu kavram yanlışlarının ve sebeplerinin

neler olduğunu belirten ve yanlış kavramları örneklerle anlatan metinlerdir. Kavram değiştirme metinlerinde sırasıyla: öğrencilerin konu ile ilgili kavram yanlışları belirtilir; bilginin neden yanlış olduğu söylenir; öğrencinin kendi bilgisinin eksikliğini görmesi sağlanır; yeni bilgi açıklanır; örnekler verilir.

4.2. Kavram haritaları

Kavram haritaları öğretim sürecinde kullanılan öğretim araçlarından biridir. Mason (1992) tarafından yapılan çalışmada kavram haritalarının önemi şu şekilde açıklanmıştır. “Kavram haritaları bilimin doğasını anlatan, açıklamaları özetleyen, etkisiz bir sunumu engelleyen, yanlış kavramsallaştırmaları ortaya koyan ve değişik öğrenme stillerini teşvik eden bir araç olarak değerlendirilmelidir”. Kavram haritaları: kavramları soyutlaştırır; yanlış kavramsallaşmayı önler; öğretim ortamını zenginleştirir; anlamlı öğrenmeyi sağlar; öğrenci ve öğretmenlerin düşüncelerini dağınıklıktan kurtarır; tüm alanlarda kullanılabilir.

4.3. Analoji

Analoji yani benzeşme metodu, yeni olayı anlamada önceki parça parça bilgilerin bir bütün olarak kullanılmasını sağlar. Analojiler, bir şeyi bir başka şeye benzetme şeklinde, hikaye şeklinde veya şekiller yada deneyler şeklinde olabilmektedir (Geban ve diğer, 1999b). Analojiler öğrencilerin kendi öğrenme ve öğretimlerinde üretken bir rol oynamakla birlikte önemli yanlış kavramların ve kavram kargaşalarının çözülmesinde de önemli görevler taşır. Analojiler bilinenler ile bilinmeyen arasındaki köprülerdir. Analojilerin temelini konstruktivist (yapısalcılık) teori oluşturmaktadır (Pittman, 1999).

4.4. Konstruktivist yaklaşım

Konstruktivist teori kişisel yorum ve çevreden alınan bilgilerin beyinde devamlı işlenmesini aktif öğrenme olarak tanımlar. Bu teoriye göre anlamlı öğrenme bilgilerin gerekli olduğu zamanda hatırlanması ve değişik durumlara adapte edilerek kullanılmasıdır. Anlamlı öğrenme; ön bilgi ve yeni

öğrenilen bilgi arasında bağlar yaratma ve bunları ortaya çıkarmadaki başarıya bağlıdır. Bu bağları bulmanın bir yolu da analogileri yaratmak ve kullanmaktır (Şahin ve diğer., 2000).

4.5. Bilgisayar Destekli Öğretim

Anlatılan kavramların öğrencilerin görsel ve düşünsel yapılarını harekete geçirmede etkili olan öğretim yöntemlerinden en önemlisi bilgisayar destekli öğretim yöntemidir. Uygulamalarda öğrenci konuları istediği kadar tekrarlayabilmekte, hareketli gösterimler ise özellikle kimyasal olayların doğru öğrenilmelerine olanak sağlamaktadır. Motivasyon artışı ile birlikte derslerin bilgisayar ile öğrenciye aktarılırken; öğrenciye yeni kavram ve becerileri kazandırmak, önceki öğrenilen bilgileri pekiştirmek, öğretimi daha etkin ve kalıcı sağlamak ve her türlü bilgiye kolayca ulaşabilmek esas alınmaktadır (Hupper, 2002; Sanger, 2000).

5. TARTIŞMA

Yapılan kaynak araştırmaları özellikle son 20 yılda, öğrencilerin kavramları öğrenme şekilleri, yanlış kavramlar ve bu yanlış kavramların düzeltilmesi ile ilgili pek çok bilimsel araştırma yapılmış olduğunu ortaya çıkarmıştır. Konu üzerinde yapılan değindiğimiz araştırmalar halen güncelliğini korumaktadır. Kimya Eğitiminde karşılaşılan kavram yanılgılarının neler olduğunun ve kimyanın temel konularında bu konu başlığında yapılmış çalışmaların büyük bir bölümü bu çalışmada (I. Bölüm) değerlendirilmiştir. Ancak konu ile ilgili çalışmaların değerlendirilmesinde II. Bölümde de devam edilecektir. Kimya Eğitimi uygulamalarında öğretmenlere büyük görevler düşmektedir. Öğretmenler kavramların önemini farkında olmalı, öğretim öncesinde kavramları iyi analiz etmeli ve öğrencilerin kavramları etkili bir biçimde öğrenmelerini sağlamadaki sorumluluklarını eksiksiz yerine getirmelidirler. Burada kullanılan öğretim stratejileri ve öğretim materyalleri büyük önem taşımaktadır. Özellikle ders kitapları seçiminde mümkün olduğu kadar az kavram yanılgısı içeren kitaplar seçilmelidir. Öğrenciler aktif öğrenmeye teşvik edilmeli ve sahip oldukları kav-

ramlar sık sık kontrol edilmelidir. Bu amaçla örneğin öğrencilerin seçilmiş konularda aktif olmaları, diğer bir deyişle ders anlatmaları sağlanarak, öğrenilen konularda kavram yanılgılarına sahip olup olmadıkları gözlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72, 175-184.
- Abraham, M. R., Williamson, V. M. and Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Akkuş, H. (2000). Lise 2. sınıf öğrencilerinde kimyasal denge ile ilgili yanlış kavramaların tespiti ve giderilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Gazi Üniversitesi Fen Bil. Ens., Ankara.
- Allsop, R. T. and George, N. H. (1982) Redox in nuffield advanced chemistry. *Education in Chemistry*, (19), 57-59
- Al-Soudi, L. (1989). Confusion over electrochemical conventions: A proposed solution. *Journal of Chemical Education*, 66, 630.
- Atasoy, B., Kadayıfçı, H. ve Akkuş, H. (2003). Kimyasal bağlar konusundaki yanlış kavramlar. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, Cilt 1(1), 61-79.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., and Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63, 64-66.
- Bergquist, W. and Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 67(12), 1000-1003.
- Bilgin, İ. ve Geban, Ö. (2001). Benzeşim yöntemi kullanılarak lise 2. sınıf öğrencilerinin K-kimyasal denge konusundaki kavram yanılgılarının giderilmesi. *H. Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 26-32
- Birk, J. P and Marta, J. K. (1999). Effect of experience on retention and elimination of misconception about molecular structure and bonding. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 124-128.
- Birss, V. I. and Truax, R. (1990). An effective approach to teaching electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 67(5), 403-409.
- Boo, H. K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 569-581.
- Boujaoude, S. (1991). A study of student's understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 689-704.

- Brady, J. A., Milbery S. J. N. and Burmeister, J. L. (1990). Lewis structure skills. Taxonomy and difficult levels. *Journal of Chemical Education*, 67(6), 491-493.
- Drago, R. S. (1974). Modern approach to acid-base chemistry. *Journal of Chemical Education*, 51(5), 300-307.
- Finley, F., Stewart, J., Yaroch, W. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66(4), 531-538.
- Frazer, M. J. (1982). Solving chemical problems: Nyholme lecture. *Chemical Society Reviews* 11, 171-190.
- Furio, C. and Calatayud, M. L. (1999). Difficulties with the geometry and polarity of molecules. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 124-128.
- Gabel, D. L. (1984). Problem solving skills of high school chemistry students. *Research in Science Teaching*, 21, 221-233.
- Gabel, D. L., (1989). Let us go back to nature study. *Journal of Chemical Education*, 66, 727-729.
- Gabel, D. L., Samuel, K. V., and Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64, 695-697.
- Gage, B. A. (1986). PhD. Thesis, University of Maryland, College Park.
- Garnett, P. J. and Treagust, D. F. (1990). Implications of research of students' understanding of electrochemistry for improving science curricula and classroom practice. *International Journal of Science Education*, 12(12), 147-156.
- Garnett, P. J. and Treagust, D. F. (1992)(a). Conceptual difficulties by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 121-142.
- Garnett, P. J. and Treagust, D. F. (1992)(b). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1079-1099.
- Geban, Ö., Ertepinar, H., Yayla, N. ve Işık, A. (1999)(a). Elektro kimya konusunda kavram yanlışları. III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, 23-25 Eylül 1998, Karadeniz Teknik Trabzon Üniversitesi, 348
- Geban, Ö., Ertepinar, H. ve Topal, T. (1999)(b). Asit-baz konusu ve benzeşme yöntemi. III. Fen Bilimleri Sempozyumu. M. E. B. ÖYGM.
- Gorodetsky, M. and Gussarsky, E. (1986). Misconceptionalization of chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods. *European Journal of Science Education*, 8(4), 427-441.
- Granville, F. M. (1985). Student misconceptions in thermodynamics. *Journal of Chemical Education*, 62(10), 847-848.
- Hacling, M. W. and Garnett, P. J. (1986). Misconception of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7(2), 205-214.
- Hand, B. (1989). Student understanding of acids and bases: A two year study. *Research in Science Education*, 19, 133-144.
- Huddle, P. A. and Pillay, A. E. (1996). An in-depth study of misconception in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (1) 65-77.
- Huppert, J. (2002). Computer simulations in the high school: students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. *International Journal of Science Education*, 24 (8) 803-821.
- Johstone, A. H., MacDonald, J. J. and Webb, G. (1977). Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*, 14(6), 169-171.
- Jordan, F. (1993). Disturbing Le Chatelier's principle, the Australian. *Journal of Chemical Education*, 38, 9-15.
- Kauffman, G. B. (1988). The Brönsted-Lowry acid-base concept. *Journal of Chemical Education*, 65(1), 28-31.
- Lawrenz, F., Lin, H., and Cheng, H. (2000). The assesment of students and teachers' understanding of gaz laws. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235-238.
- Lin, H. and Cheng, H. (2000). The assessment of students and teachers understanding of gas laws. *Journal of Chemical Education* 2(77), 235-238.
- Lythcott, J. (1990). Problem solving and requisite knowledge of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 67, 248-252.
- Mason, C. L. (1992). Concept Mapping: A tool to develop reflective science instruction. *Science Education*, 1(77), 51-63.
- Morgil, İ. ve Yılmaz, A. (2001). Kimya eğitiminde farklı madde türlerinin psikometrik özellikler ve öğrenci başarıları bakımından karşılaştırılması. *H.Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 111-116
- Morgil, İ. ve Yılmaz, A. (2002)(a). Untersuchungen zu Verständnisfehlern bei Chemiestudenten der Elektrochemie. 19. Fortbildungs- und Vortragstagung der GDCh-Fachgruppe Chemieunterricht, 12-14 Eylül 2002, Weingarten, Almanya
- Morgil, İ. ve Yılmaz, A. (2002)(b). Conceptual Change-Texte und Chemisches Gleichgewicht. Fortbildungs- und Vortragstagung der GDCh-Fachgruppe Chemieunterricht, 12-14 Eylül 2002, Weingarten, Almanya

- Morgil, İ. Yılmaz, A., Özcan, F. ve Erdem, E. (2002). Öğrencilerin elektrokimya konusundaki kavram yanılgılarının farklı madde türleri ile saptanması, *V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 16-18 Eylül 2002 Ankara, 172.
- Novick, S., and Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 63, 273-281.
- Ogude, A. N. and Bradley, J. D. (1994). Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells. *Journal of Chemical Education*, 71(1), 29-34.
- Oversby, J. (2000). Is it a weak acid or a weakly acidic solution? *School Science Review*, 81(297), 89-91.
- Peterson, R. F., Treagust, D. V. and Garnett, P. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate-grade-11 and 12 students concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 301-314.
- Pickering, M. (1990). Further studies on concept learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 254-255.
- Pittman, K. M. (1999). Student generated analogies: Another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22.
- Purser, G. H. (1999). Lewis structure are models for predicting molecular structure not electronic structure. *Journal of Chemical Education*, (76) 1013-1018.
- Quilez-Pardo, J. and Solaz-Portoles, J. J. (1995). Students' and teachers' misapplication of Le Chatelier's principle: Implications for the teaching of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(9), 939-957.
- Raymond, F., Peterson, R. F. and Treagust, D. V. (1989). Grade 12 Students' misconception of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 6(66), 459-460.
- Robinson, W. R. (1998). An alternative framework for chemical bonding, *Journal of Chemical Education*, 75, 1074-1075.
- Ross, B. and Munby, H. (1991). Concept mapping and misconceptions: A study of high school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education*, 13(1), 11-23.
- Sanger, M. (2000). Addressing student misconceptions concerning electron flow in aqueous solutions with instruction including computer animations and conceptual change strategies. *International Journal of Science Education*, 22 (5), 521-537.
- Sanger, M. J. and Greenbowe T. J. (1999). An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry: Galvanic, electrolytic and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 74(7), 819-823.
- Sanger, M. J. and Greenbowe, T. J. (1997). Common student conceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 377-398.
- Schmidt, H. J. (1991). A label as a hidden persuader: chemists' neutralization concept. *International Journal of Science Education*, 13(4), 459-471.
- Stavy, R., Eisen, Y. and Yaakobi, D. (1987). *International Journal of Science Education*. 9, 105-115.
- Şahin, F., Gürdal, A. ve Berkem, L. (2000). Fizyolojik kavramların anlamlı öğrenilmesi ile ilgili bir araştırma. *IV. Fen Bilimleri Eğitimi Kongresi*, 2000. Hacettepe Üniversitesi. Ankara. 17-23
- Taber, K. S. (1997). Student understanding of ionic bonding: Molecular versus electrostatic framework. *School Science Review*, 78(285), 89-95.
- Thomas, P. L., and Schwenz, R. W. (1998). College physical chemistry students' conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1151-1160.
- Toplis, R. (1998). Ideas about acids and alkalis. *School Science Review*, 80, 291-293.
- Vidyapati, T. J. and Seetharamappa, J. (1995). Higher secondary school students' concepts of acids and bases. *Science Notes*, 77(278), 82-84.
- West, A. C. (1986). Electrochemical cell conventions in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 63, 609-610.
- Wheeler, A. E. and Kass, H. (1978). Student misconception in chemical equilibrium. *Science Education*, 62(2), 223-232.
- Yılmaz, A. ve Morgil, İ. (2001). Üniversite öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki kavram yanılgılarının belirlenmesi. *H. Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 172-178.