

ÖĞRENCİLERİN KİMYASAL BAĞ KONUSUNDAKİ KAVRAM YANILGILARINA İLİŞKİN LİTERATÜRE BİR BAKIŞ II: MOLEKÜLLER ARASI BAĞLAR

Filiz MİRZALAR KABAPINAR*

Özet

Bu makale öğrencilerin kimyasal bağ konusundaki kavram yanlışlarına ilişkin kaynak araştırmasının ikinci bölümünü oluşturmaktadır. İlk makalede öğrencilerin molekül içi kimyasal bağlar konusundaki yanlışlarına yönelik araştırmalar incelenmiştir. Bu makalede ise, öğrencilerin moleküller arası kimyasal bağlara ilişkin yanlışlarını ortaya koyan araştırmalar incelenmiştir. İlk makalede olduğu üzere, belirli temalar altında incelenen araştırmalar öğrenme seviyesi temelinde (ilköğretimden üniversiteye doğru) sunulmuştur. Araştırmalar ışığında gerek öğretime gerekse gelecek araştırmalara ilişkin bazı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Fen Eğitimi, kimyasal bağ, moleküller arası bağlar, alternatif fikir, kavram yanılığı, literatür taraması.

Giriş

Mevcut düşünce biçimlerinin öğrenme sürecindeki etkin ve belirleyici rolünün farkına varılması son 20 yıldır fen eğitimi alanında yapılan araştırmaların, öğrencilerin fen kavramlarını algılama ve yorumlama biçimleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu araştırmaların sonuçları, öğrencilerin bazı fen kavramlarını kabul edilebilir bilimsel fikirlerden farklı bir biçimde yorumladıklarını ortaya koymaktadır (Gabel, Samuel, Hunn, 1987; Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Taber, 1994; 1997). Nitekim, molekül içi kimyasal bağlara ilişkin literatüre geçmiş olan araştırmaların bir değerlendirilmesinin yapıldığı ilk makalede, öğrencilerin çok çeşitli kavram yanlışlarına sahip oldukları ve bunların geleneksel öğretim sonunda da varlığını koruduğu belirlenmiştir.

Öğrencilerin kimyasal bağ konusundaki kavram yanlışlarına ilişkin literatür taramasının ilk bölümünü oluşturan önceki makalede, kimyasal bağlara ilişkin bazı genel yanlışlar ile molekül içi kimyasal bağlar konusundaki yanlışlara yönelik araştırmalar incelenmiştir. Bu çerçevede öğrencilerin yanlışları; atom ve molekülleri bir arada tutan kuvvetler, kimyasal bağın özellikleri, kimyasal bağ çeşitleri, kovalent bağlar, iyonik bağlar ve metalik bağlar başlıkları altında incelenmiştir. Bu çalışmada ise, öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki literatüre geçen diğer yanlışları (atom modelleri, kimyasal bağlara ilişkin zihinsel modeller, molekül polarlığı, molekül içi kimyasal bağlar ve bağların termodinamik özellikleri) ele alınacaktır.

* Yrd. Doç Dr. M.Ü. Atatürk Eğ. Fak. OFMA Eğ. Böl. Kimya Eğ. A.B.D.

1. Atom modelleri

Öğrencileri atom modellerinin tarihsel gelişimi hakkında bilgilendirmek ve bu modellerin kullanım sınırlarını belirlemek kimya dersinin hedefleri arasındadır. Yine kimya dersi kapsamında öğrencilerden kimyasal bağları modern atom modeli üzerine yapılandırmaları ve bağ oluşum sürecini molekül orbital teoriye göre açıklamaları beklenir. Ancak modern atom modeli ve orbital teorisinin soyutluğu nedeniyle ülkemizde içinde yer aldığı bazı ülkelerde ortaöğretim kimya derslerinde kimyasal bağlar konusu Bohr atom modeli kullanılarak anlatılmaktadır. Hatta üniversite genel kimya derslerinde dahi Bohr atom modelinin yoğun olarak kullanımı söz konusudur. Bu bağlamda, ortaöğretim öğrencilerinden özellikle molekül içi kimyasal bağları, modern atom modelini kullanarak açıklayabilmelerini beklemek olası değildir. Dolayısıyla bu bölümde yer alan araştırmaların sonuçları tanıtılırken öğrencilerin kullanmayı tercih ettikleri atom modelleri yanlış ya da eksik olarak değerlendirilmemiştir.

Atom modelleri ile ilgili araştırmalar iki temelde gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilki, öğrencilerin atom modellerine ilişkin zihinsel modellerini, diğeri ise atom modeli ile ilişkili kavramları nasıl algıladıklarını belirlemektir. Zihinsel modellere yoğunlaşan araştırmaların sonuçlarına göre, öğrenciler çoğunlukla gezegenlerin Güneş'in etrafında dönmesi gibi elektronların da çekirdek etrafında dönmekte olduğunu düşünmektedir. Nitekim, Tsapalis ve Papaphotis (2002) 12. sınıf ortaöğretim Yunanlı öğrencilerin, Nakiboğlu ve Benlikaya (2001) ise, 11. sınıf Türk öğrencilerinin atomun çekirdek ve elektron kabuklarından oluşan solar sistem modelini kullandıklarını belirlemiştir.

Araştırmalar solar ya da Güneş sistemine benzeyen atom modelinin ortaöğretim öğrencileri gibi, üniversite öğrencileri arasında da yaygın olarak kullanıldığını ortaya koymaktadır. Nicoll (2001) üniversitenin çeşitli öğrenim seviyesindeki öğrencilerle yapmış olduğu araştırmasında son sınıf öğrencileri de dahil olmak üzere tüm öğrencilerin %21'inin elektronlar ile çekirdek arasındaki ilişkiyi açıklarken solar sistem benzetmesini kullandıklarını belirlemiştir. Zoller (1990) üniversite birinci sınıf öğrencilerinin yanılgılarının kökeninde atoma ilişkin karmaşık ve sezgilerle çelişen kuantum modelinin yatmakta olduğunu vurgulamaktadır.

Öğrencilerin atom modeli ile ilintili kavramları nasıl algıladıklarını belirlemeyi hedefleyen araştırmalar öğrencilerin, orbital, elektron kabuğu, yörünge, orbit, hibritleşme kavramlarını tanımlamakta güçlük çektiğini ortaya koymaktadır. Harrison ve Treagust (1996) 48 Avustralyalı ortaöğretim 8. ile 10 sınıf kimya öğrencilerinin atoma ilişkin zihinsel modellerini belirlemek için yüzyüze görüşmeler yapmıştır. Araştırma bulguları, öğrencilerin elektron kabuklarını atomu koruyan bir tabaka olarak hayal ettiğini ve elektron bulutlarını elektronların gömülü olarak içinde bulunduğu yapılar olduğunu düşündüklerini ortaya koymuştur.

Tıpkı elektron kabuğu ve elektron bulutu kavramlarında olduğu üzere, öğrenciler orbital kavramına ilişkin bilimsel fikre alternatif düşünce biçimleri geliştirmiştir. Nakiboğlu ve Benlikaya (2001) orbital kavramının 4 farklı şekilde tanımlandığını ortaya koymuştur. Bunlar enerji seviyesi, elektron kabuğu, yörünge ve orbittir. Orbitalle ilişkin benzer tanımlama biçimleri diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir. Nitekim, Cervellati ve Perugini (1981) üniversite 1. sınıf İtalyan öğrencileri arasında orbitalin enerji seviyesi olduğunu düşünenler olduğunu belirlerken, Nicoll (2001)

◆ Filiz Mirzalar Kabapınar

yaptığı görüşmeler sırasında üniversite öğrencilerinin orbital ve kabuk kavramlarını eş anlamlı olarak kullandıklarını belirlemiştir. Üniversite öğrencilerinin kuantum kimyası dersinin final sınavını inceleyen Tsapalis (1997) ise, öğrencilerin atomik ve moleküler orbital kavramının tanımını yapmakta ve çok elektronlu atomların orbital modellerini çizmekte güçlük çektiklerini belirlemiştir.

Araştırmalar öğrencilerin hibritleşme kavramını anlamakta da güçlük çektiğini ortaya koymaktadır. Nakiboğlu (2003) araştırmasında kimya öğretmen adaylarının (n= 167) neredeyse yarıya yakın bir bölümünün hibritleşme ile çoklu bağ oluşumu arasındaki ilişkiyi anlamadığını, söz konusu ilişkiyi anlayanların %27'sinin sigma (σ) ve pi (π) bağlarını kovalent bağ olarak sınıflandırabildiğini belirlemiştir. Araştırma bulgularına göre, öğretmen adaylarının %56'sı sigma ve pi bağlarının kovalent bağdan farklı tür bir bağ olduğunu dile getirmiş, %10'u bu bağların moleküller arası bağ olduğunu savunmuş ve %26'sı hibritleşme ile iyonik bağ arasında bir ilişki olduğunu belirtmiştir.

Bazı araştırmalar öğrencilerin hibritleşmeyi kavrayamamasının nedenine yoğunlaşmıştır. Bu alanda araştırma yapan Robinson (1998) oktet kuralının öğrencilerin hibritleşme kavramını algılamalarında önemli bir engel olduğunu vurgulamaktadır. Nitekim, araştırmacı öğrencilerin oktet kavramını bir taneciğin kararlı olup olmadığına karar vermek üzere kullanmak yerine, kimyasal bağ ve kimyasal reaksiyonun neden ve nasıl oluştuğunu açıklamak üzere işlevinin çok ötesinde kullandıklarını dile getirmektedir. Örneğin bazı öğrencilere göre, atomların bağ oluşturmasının nedeni oktet kuralına uymaktır (Robinson, 1998, s. 1075). Benzer şekilde, Taber (1995) de oktet kuralının genişletilmiş kullanımının kimya öğrencilerinin orbital ve hibritleşme kavramlarını öğrenmesinin önünde engel oluşturduğunu vurgulamakta, öğretmenlerin kuralın kullanım sınırlarının öğretim sırasında belirginleştirilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir.

2. Kimyasal bağa ilişkin zihinsel modeller

Atomların bağ yapma nedeni fen bilimcilerinin cevap aradığı ve çeşitli bilimsel modeller geliştirdiği bir konudur. Bu çerçevede bilim insanlarının ortaya attığı ilk ve en temel model oktet kuralı ve atomların bağ yapma nedeninin kararlılığa erişmesidir. Bu modeli atomların minimum enerji seviyesine ulaşması temelindeki bilimsel model izlemiştir. Benzer bir sıra pek çok ülkenin kimya öğretim programında da izlenmektedir. Bu özellikle de bilimin doğasının öğrenciler tarafından anlaşılabilmesi için gerekli görülmektedir (Duschl, 1994; Lederman, 1992; Matthews, 1998; AAAS, 1993; NRC, 1996; NSTA, 1992). Tıpkı periyodik cetvel ve atom modelleri gibi burada da bilimsel bilginin gelişimi ve sürekliliği söz konusudur. Bu çerçevede öğrencilerden de beklenen her bir modelin nerelerde geçerli, nerelerde ise yetersiz kaldığının farkına varmasıdır (Dagher, 1994; Duit, 1991; Glynn, 1991). Böylece öğrenci her bir modelin kullanım alanlarını belirleyebilir ve en son modeli daha iyi kavrayabilir. Örnek olarak, oktet kuralı atomların kararlılığını açıklayabilse de, bağların kuvvetini ve neden oluştuğunu açıklamakta yetersiz kalmaktadır.

Öğrenciler bilimsel modelleri öğrenirken mevcut düşünce biçimlerinden veya daha önce geliştirmiş oldukları zihinsel modellerden yola çıkarlar. Bu modeller bazen bilimsel modellerle örtüşürken bazen bilimsel modellerin sadece belirli özelliklerini taşıyan daha yetersiz zihinsel modeller olabilmektedir (Kozma, Russell, Jones, Marx & Davis, 1996; Williamson & Abraham, 1995). Bu durum iki nedenden kaynaklanmaktadır. Bunlardan bi-

rincisi, öğrencilerin mevcut zihinsel modellerini değiştirmek ya da geliştirmek yerine, yeni öğrendiklerini mevcut zihinsel modelleri içine yerleştirmeye çalışmasıdır. “Melez” ya da “sentetik” zihinsel modeller olarak adlandırılan bu kişisel yaratılar, pek çok araştırmanın sonuçları ile ortaya konulmuştur (Vosnidou, 1994; Greca & Moreira, 2002; Vosniadou & Brewer; 1992). Nitekim, Nicoll (2001) farklı öğrenim seviyesindeki üniversite öğrencileri ile yaptığı araştırmasında bazı öğrencilerin öğretim sırasında öğrendikleri kuantum mekaniğine dayalı atom modelini daha önceden öğrendikleri Bohr atom modeli ile ilişkilendirmeye çalıştığını belirlemiştir.

İkinci neden ise, öğrencilerin öğretim sırasında gösterilen modellere kıyasla daha basit zihinsel modeller geliştirdikleri ya da daha basit bilimsel modelleri kullanmayı tercih ettikleri durumlardır. Nitekim, araştırmalar öğrencilerin kimyasal bağın oluşumunu açıklarken molekül orbital teoriyi kullanmak yerine, oktet kuralı ve kararlılık modelini kullanmayı tercih ettiklerini ortaya koymaktadır. Taber (1998) kimyasal bağ konusuna ilişkin öğrencilerde mevcut yanılgıların kavramsal bir çatı oluşturup oluşturmadığını belirlemek üzere yaşları 16 ile 18 arasında değişim gösteren 15 ortaöğretim İngiliz öğrencisi ile yüzyüze görüşmeler yapmıştır. Bu görüşmeler sırasında öğrencilerden hidrojen ve oksijen atomları arasındaki reaksiyonun nedenini açıklamalarını istemiştir. Öğrenciler her iki atomun da oktetlerini tamamlamaları için elektrona ihtiyacı olduğunu ifade etmiştir. Benzer cevaplar karbonun oksijen ile yanma reaksiyonu için de verilmiştir. Kısacası, öğrenciler kimyasal reaksiyonun ve kimyasal bağ oluşumunun nedenini atomların kararlı olma istemine ve oktet kuralına dayandırmıştır.

Öğretim sırasında teorik ve oktet kuralından daha karmaşık modellerle karşılaşan ortaöğretim son sınıf öğrencileri ile üniversite öğrencilerinin durumu da yukarıda anılan öğrencilerden farklı değildir. Avustralyalı ve Yeni Zelandalı ortaöğretim, üniversite lisans ve lisans üstü öğrencilerle kimyasal bağ ile ilgili yapılan mülakatlarda Coll ve Taylor (2002) öğrencilerden CHCl_3 molekülünün nasıl oluştuğunu ve iyot atomları arasındaki bağın ne tür bir bağ olduğunu açıklamalarını istemiştir. Öğrencilerin neredeyse tamamı bağ oluşumunu ve sayısını oktet kuralına dayandırmıştır. Araştırma bulgularına göre, üniversite lisans ve lisansüstü öğrencileri arasında oktet kuralı ile moleküler orbital teoriden oluşan melez zihinsel bir model kullananlar söz konusudur.

Zihinsel modellerinin oluşum sürecindeki etken ne olursa olsun tüm araştırmaların hemfikir olduğu nokta, öğrencilerinin kimyasal bağ ve reaksiyon oluşumunun nedenini oktet kuralına dayanan zihinsel modellerle açıkladıklarıdır (Harrison ve Treagust, 1996; Pereira ve Pestana, 1991; Taber 2001; Coll ve Treagust, 2001). Bu çerçevede, Coll ve Taylor (2002) kimyasal bağlarla ilişkin teorik ve karmaşık modelleri ortaöğretimde değil üniversite seviyesinde öğretilmesi gerektiğini önerirken, Taber (1998) oktet kuralının yetersizliğine dikkat çekmekte ve bu modelin özellikle kimyasal reaksiyonları ve kimyasal bağları açıklamak üzere kullanımına sınırlılık konulması gerektiğini savunmaktadır. Oktet kuralının kimyasal bağları açıklamak üzere kullanımının öğrencilerde kavram yanılgısı oluşturduğunu vurgulayan araştırmacı (Taber; 1998) öğrencilerin bağları ‘gerçek bağlar’ ve ‘sadece kuvvetler’ olmak üzere iki kategoriye ayırmalarının ardındaki nedenin öğrencilerin oktet kuralına olan bağımlılıkları olduğunu dile getirmektedir.

3. Molekül şekli

Kimya dersleri kapsamında öğrencilerden bağ açısı ve molekül şeklinin molekülde bulunan hem bağ yapmamış hem de bağ yapmış elektron çiftinin itmesi sonucu oluştuğunun bilinmesi beklenmektedir. Diğer bir deyişle, molekül şeklinin doğru belirlenebilmesi için, valans kabuğu elektron çifti itme teorisinin kavranmış olması gerekir. Araştırma bulguları öğrencilerin söz konusu teori hakkında bilgi sahibi olduğunu ancak uygulama düzeyinde sorunlar yaşadıklarını ortaya koymaktadır. Peterson, Treagust ve Garnett (1989) ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin sadece %13'ünün, 12. sınıf öğrencilerinin ise %38'inin NB_3 molekülünün şeklini doğru tahmin ettiğini belirlemiştir. Benzer şekilde, ortaöğretim son sınıf öğrencilerinden su ve amonyak moleküllerinin şekillerini çizmelerini isteyen Ünal, Özmen, Demircioğlu ve Ayas (2001), öğrencilerin sadece 1/4'ünün (%22) molekül şekillerini doğru olarak çizbildiğini belirlemiştir. Çoğunlukla yapılan hata bağ yapmamış elektron çiftlerinin dikkate alınmadan su molekülünün çizgisel, amonyak molekülünün ise üçgen düzlem şeklinde çizilmesi olmuştur. Molekül şekillerini doğru olarak çizen öğrencilerin bir bölümü ise çizdiği şekli açıklarken nedenlerinde hata yapmıştır. Örnek olarak suyu açısal gösteren öğrenciler bağ açısının nedeninin H atomlarının birbirini itmesi ya da O atomunun H atomlarını itmesi şeklinde açıklamıştır.

Ortaöğretim öğrencileri gibi kimya öğretmen adayları da, molekül şeklini belirlemede güçlük yaşamaktadır. Canpolat, Pınarbaşı ve Sözbilir (2003) araştırmasında aday öğretmenlerin valens kabuğu elektron çifti itme teorisini bilgi düzeyindeki sorulara doğru yanıt verdiğini ancak uygulama sorularını çoğunluğun yanlış yanıtladığını belirlemiştir. Tüm bu araştırma bulgularının ışığında, molekül şekline yönelik güçlüğün valans kabuğu elektron çifti itmesi teorisinin kavranamamasından kaynaklandığı söylenebilir.

Molekül şekli, moleküldeki bağ yapmış ve yapmamış elektron çiftinin itmesi sonucu oluşmaktadır. Diğer bir deyişle, molekül şekli bu iki etkenin bir sonucudur. Ancak araştırmalar gerek ortaöğretim gerekse üniversite öğrencilerinin molekül şeklinin nedenine ilişkin çeşitli yanlışlar sergilediğini ortaya koymaktadır. Bunlardan en yaygın olanı, bağ polarlığının molekül şeklini belirlediği düşüncesidir. Peterson, Treagust ve Garnett (1989) ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin %14.5'unun ve 12. sınıf öğrencilerinin %32'sinin $COCl_2$ molekülünün şekline karar verirken çift bağın ($C=O$) polarlığını düşündüklerini belirlemiştir. Bağ polarlığının molekül şeklini belirlediği yönündeki yanlış Peterson ve Treagust (1989) tarafından da belirlenmiştir. Bu düşüncedeki öğrencilere göre, NBr_3 molekülünün şekli N-Br bağlarının polaritesi tarafından belirlenmektedir. Benzer yanlış $COCl_2$ 'nin şekliyle ilgili olan test maddesinde bir kez daha ortaya çıkmıştır. Aynı soruları kullanan Canpolat, Pınarbaşı ve Sözbilir (2003), öğretmen adaylarının 1/4'ünün atomların elektronegatiflik farkının molekül şeklinin oluşumunda rol oynadığını düşündüklerini belirlemiştir. Araştırma bulgularına göre, öğrencilerin yarısından fazlası $COCl_2$ molekülünün geometrik şeklini molekülde bulunan çift bağın belirlediğini düşünmüştür.

Öğrencilerde yaygın olan ikinci yanlış ise, bağ yapmamış elektronların molekül şeklini belirlediği düşünce biçimidir. Bu düşünceye sahip öğrenciler, sadece serbest elektron çiftinin molekül şeklini belirlediğini, bağ yapan elektronların molekül şekli üzerine bir etkisi olmadığını düşünmektedir. Peterson, Treagust ve Garnett

(1989) bu yanılgının ortaöğretim 12. sınıf öğrencilerinin %22'si tarafından dile getirildiğini belirlemiştir. Bu öğrencilere göre, SCl_2 molekülünün 'V' şekli bağ yapmayan elektron çiftleri arasındaki itmeden kaynaklanmaktadır. Araştırmalar ortaöğretim öğrencilerinin sahip olduğu bu yanılgının üniversite öğrencileri arasında da yaygın olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim Birk ve Kurtz (1999) üniversiteden mezun öğrencilerin %27'sinin molekül şeklinin bağ yapmamış elektronların birbirlerini itmesi sonucu oluştuğu görüşünde birleştiklerini belirlemiştir. Benzer yanılgıların üniversite öğrencilerindeki varlığı diğer araştırmacılar (Nicoll, 2001; Yılmaz & Morgil, 2001) tarafından da belirlenmiştir.

Sadece bağ elektronlarının molekül şeklini belirlediği düşünce biçimi bu konudaki üçüncü kavram yanılgısını oluşturmaktadır. Bu düşünceye göre, serbest elektron çiftinin molekül şekli üzerine bir etkisi yoktur. Peterson ve Treagust (1989) araştırmasında bu yanılgının ortaöğretim öğrencilerinin %'ü tarafından dile getirildiğini belirlemiştir. Aynı yanılgının üstelik de benzer oranlarda Türk ortaöğretim öğrencilerinde de olduğunu belirleyen Atasoy, Kadayıfçı ve Akkuş (2003), öğrencilerin SCl_2 molekülünü çizgisel, amonyak molekülünü ise üçgen düzlem şeklinde hayal ettiğini ortaya koymuştur.

Molekül şeklinin oluşumuna ilişkin dördüncü yanılgı, bağlar arasındaki itmenin molekül şeklini belirlediğidir. Nitekim Peterson, Treagust ve Garnett (1989) ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin neredeyse yarısının (%46) ve 12. sınıf öğrencilerinin %'ünün bu düşünceye sahip olduğunu belirlemiştir. Bu öğrencilere göre, SCl_2 molekülündeki S-Cl bağları birbirini itmiş ve molekül doğrusal bir şekle sahip olmuştur. Benzer yanılgı kimya öğretmen adaylarında da belirlenmiştir (Canpolat, Pınarbaşı & Sözbilir, 2003).

Son olarak bazı öğrenciler, molekül şeklinin merkez atoma bağlı atom sayısı tarafından belirlendiğini düşünmektedir. Örneğin, Furió ve Calatayud (1996) üniversite 1. sınıf öğrencilerinin %22'sinin elektron çifti dizilişini molekül şekli ile karıştırdıklarını belirlemiştir. Öğrenciler amonyak (NH_3) ve metan (CH_4) moleküllerinin şeklinin tetrahedral olması gerektiğini düşünmektedir. Bu durumun ardındaki neden ise, her iki molekülde de merkez atoma bağlı dört çift elektron grubu bulunmasıdır.

4. Molekül polarlığı

Bir molekülün polar olup olmamasını, o moleküldeki bağların polarlığı ve molekül şekli belirlemektedir. Bu çerçevede, öğrencilerden söz konusu bu iki etmeni molekülün polarlığına karar vermek üzere kullanabilmeleri beklenmektedir. Ancak araştırma sonuçları bu beklentinin gerçekleşmediğini ortaya koyar niteliktedir. Gerek ortaöğretim gerekse üniversite öğrencileri molekül polarlığı konusunda çeşitli kavrama güçlükleri yaşamaktadır. Bunların başında ve belki de her şeyin temelinde yatan polarlık kavramıdır. Bazı öğrenciler tek bir atomun polarlığından söz edebilmektedir. Nicoll (2001) yaptığı bireysel görüşmeler sırasında, atomların kendine özgü polaritesi olduğunu ve zıt polariteye sahip atomların birbirini ittiğini dile getiren üniversite son sınıf öğrencileri bulunduğunu belirlemiştir. Yine, Özmen, Karamustafaoğlu, Sevim ve Ayas (2002) kimya öğretmen adayları arasında tek bir atomun polarlığından söz eden ve bir atomun polar olabilmesi için ortaklanmamış elektron çiftinin olması gerektiğini dile getirenlerin varlığına dikkat çekmektedir. Bunlardan başka polar ve

◆ Filiz Mirzalar Kabapınar

apolar kavramlarını karıştıran öğrenciler de söz konusudur. Ünal, Özmen, Demircioğlu ve Ayas (2001) lise son sınıf öğrencileri ile yaptığı araştırmada bazı öğrencilerin iki kavramı birbiri yerine kullandığını belirlemiştir.

Araştırmaların ortaya koyduğu diğer bir güçlük ise, molekül polarlığının belirlenmesine yöneliktir. Peterson, Treagust ve Garnett (1989) OF_2 molekülündeki polarlığı 11. sınıf öğrencilerin sadece %28'inin, 12. sınıf öğrencilerinin ise %42'sinin doğru bir biçimde belirleyebildiğine dikkat çekmektedir. Benzer şekilde Ünal, Özmen, Demircioğlu ve Ayas (2001), CO_2 , CH_4 ve HF moleküllerinin polarlığını doğru olarak belirleyen lise son sınıf öğrencilerinin oranının çok düşük olduğunu (%14) vurgulamaktadır. Ortaöğretim öğrencilerinin yaşamakta olduğu bu güçlüğün üniversite öğrencileri için de geçerli olduğunu ortaya koyan Nicoll (2001) ise, anorganik, organik ve fizikokimya derslerini görmüş olan öğrencilerin %25'inin su molekülünün polaritesinin nereden kaynaklandığını molekül üzerinde gösteremediklerini ve polarlığı açıklarken elektronegatiflik kavramına değinmediklerini dile getirmektedir.

Mevcut kimya alan bilgisine göre, molekül polarlığını belirleyen iki etken bulunmaktadır. Bunlar bağ polarlığı ile molekülün şeklidir. Araştırma bulguları öğrencilerin bir molekülün polar olup olmadığına karar verirken molekülün şeklini ihmal ettiklerini ortaya koymaktadır. Öğrenciler çoğunlukla bağ polarlığı olan moleküllerin polar olacağını düşünmektedir. Nitekim, Peterson, Treagust ve Garnett (1989) ortaöğretim öğrencilerinin molekül polarlığını belirlerken sadece bağ polarlığını dikkate aldıklarını, molekül şeklinin molekül polarlığı üzerindeki etkisini düşünmediklerini belirlemiştir. Benzer yanılığın öğrencilerdeki varlığı Birk ve Kurtz (1999) tarafından da belirlenmiştir. Araştırmada tek dönem kimya dersi görmüş ortaöğretim öğrencilerinin %16'sının ve iki dönem kimya dersi alan ortaöğretim öğrencilerinin ise %14'ünün polar kovalent bağ içeren molekülün polar olması gerektiğini düşündükleri belirlenmiştir.

Bağ polarlığının molekül polarlığını belirleyen tek etmen olduğu yanılığın üniversite öğrencileri ile öğretmen adayları arasında da yaygındır. Yılmaz ve Morgil (2001) üniversite öğrencilerinden molekül şekilleri verilen SO_2 , CF_2Cl_2 bileşiklerinin polar olup olmadıklarını belirlemelerini istemiştir. Bulgular öğrencilerin molekülün polarlığına karar verirken molekül şekillerini kullanmadıklarını ve SO_2 molekülünü apolar, CF_2Cl_2 molekülünü de polar olarak belirlediklerini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, öğretmen adayları da bağ polarlığından hareket ile molekül polarlığına karar vermektedir. Canpolat, Pınarbaşı ve Sözbilir (2003) araştırma bulgularında, kimya öğretmen adaylarının O ve F atomlarının elektronegatiflik değerlerinin birbirine yakın olması nedeni ile OF_2 molekülünün apolar (%23), C ve F atomlarının elektronegativite değerlerinin arasında büyük farklılık olması nedeni ile CF_4 molekülünün ise polar (%38) olduğunu düşündüklerini ortaya koymuştur. Kimya aday öğretmenlerindeki bu yanılığın fen bilgisi ve sınıf öğretmen adaylarında da bulunduğunu ortaya koyan Can ve Harmandar (2004), aday öğretmenlerin $CHCl_3$ ve CH_4 moleküllerinin polarlığını belirlerken "atomların elektronegatiflikleri aynı ise molekül apolardır" ve "polar bağ içeren molekül polardır" şeklindeki düşünce biçimlerini temel aldıklarını belirlemiştir.

Araştırma bulguları ile açığa çıkan ikinci kavram yanılgısı, molekül polarlığının bağ yapmayan elektronların neden olduğu düşünce biçimidir. Peterson, Treagust ve Garnett (1989) ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin 1/3'ünün (%32) söz konusu yanılgıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Benzer yanılgının öğretmen adaylarındaki varlığına dikkat çeken Canpolat, Pınarbaşı ve Sözbilir (2003), araştırmaya katılan aday öğretmenlerin yarıdan fazlasının (ikinci sınıflarda %56, üçüncü sınıflarda %59 ve dördüncü sınıflarda ise %68) merkezi atom üzerinde bulunan bağ yapmamış elektronların dipol oluşturduğu ve molekülün polar olmasına neden olduğunu düşündüklerini belirlemiştir.

Öğrencilerin molekül polarlığı konusundaki yanılgıları yukarıda anılanlarla sınırlı değildir. Nitekim, bir molekülün polar olabilmesi için, farklı atomlardan oluşması, çift bağ içermesi (Ünal, Özmen, Demircioğlu ve Ayas, 2001) veya metalin ametale bağlanmış olması (Özmen, Karamustafaoğlu, Sevim ve Ayas, 2002) gerektiğini düşünen öğrenciler bulunmaktadır.

5. Moleküller Arası Bağlar

Moleküller arası kimyasal bağlar, maddenin gözlenebilir davranışını ve fiziksel özelliklerini açıklayıcı kavramsal bir araçtır. Bu çerçevede, öğrencilerin moleküller arası kimyasal bağları molekül içi bağlardan ayırt edebilmesi ve maddenin fiziksel özelliklerini açıklamak üzere kullanabilmesi beklenir. Ancak araştırmalar öğrencilerin moleküller arası bağları kavramakta güçlük çektiklerini ve çeşitli kavram yanılgıları sergilediklerini ortaya koymaktadır.

Moleküller arası kimyasal bağların öğrenilmesinde yaşanan en temel güçlük, molekül içi ve moleküller arası bağların birbirine karıştırılmasıdır. Can ve Harmandar (2004) araştırması sırasında aday öğretmenlerin H ile Cl atomları arasındaki bağı H bağı olarak isimlendirdiğini belirlemiştir. Bu konuda yaşanan ikinci güçlük ise, öğrencilerin moleküller arası bağları bilimsel açıdan kabul edilebilir biçimde tanımlayamamalarıdır. Öğrenciler, moleküller arası bağları molekül içi kuvvetler olarak tanımlamakta ve bunların kovalent bileşiklerin içinde bulunduğunu düşünmektedir. Nitekim Peterson ve Treagust (1989) ortaöğretim öğrencilerinin üçte birinin (%25) moleküller arası bağları kovalent yapı içerisinde (molekül içinde) hayat ettiğini belirlemiştir. Benzer şekilde, Peterson, Treagust ve Garnett (1989) ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin yarıya yakın bir bölümünün (%48) ve 12. sınıf öğrencilerinin 1/3'ünün (%33) moleküller arası bağları kovalent bileşiklerde bulunan kuvvetler olarak tanımladığını belirlemiştir.

Araştırmalar öğrencilerin moleküller arası bağlara ilişkin üç farklı kavram yanılgısı sergilediklerini ortaya koymaktadır. Bunlardan ilki, moleküller arası bağların kimyasal bağ olmadığı, sadece kuvvet/etkileşim olduğu düşünce biçimidir. Nitekim, ortaöğretim son sınıf öğrencileri (16-18 yaş grubu) ile yaptığı görüşmelerde Taber (1998) öğrencilerin moleküller arası bağların kimyasal bağ olmadığını düşündüklerini belirlemiştir. Bu düşünceye sahip öğrenciler kimyasal bağları iyonik ve kovalent olmak üzere ikiye ayırmış ve kimyasal bağların hepsini bu iki bağdan birisine dahil etme çabasına girmiştir. Öyle ki, görüşmeler sırasında bazı öğrenciler metallerin kovalent ya da iyonik bağlardan birisini içermesi gerektiğinde ısrarcı davranmıştır. Taber (1998) görüşmeler sırasında moleküller arası kimyasal bağları hatırlattığında öğrenciler bu bağların gerçek kimyasal bağlar olmadığını sadece zayıf kuvvetler olduğunu dile getirmiştir.

◆ Filiz Mirzalar Kabapınar

Moleküller arası bağların kimyasal bağ olmadığına yönelik yanlış Barker (1995) tarafından da belirlenmiştir. Araştırmacı hidrojen bağlarının kimyasal bağ olmadığı yanlışına sahip öğrencilerin sayısının, kimya öğretimi ile arttığını belirlemiştir. Öğretim sırasında, moleküller arası bağların sadece etkileşim olduğu fikrinin vurgulanması öğrencilerde bunların kimyasal bağ olmadığı düşüncesini kuvvetlendirmiş görünmektedir. Öte yandan, moleküller arası bağların kovalent bağlar kadar kuvvetli olduğunu düşünen öğrenciler de söz konusudur. Nitekim, Peterson ve Treagust (1989) kimya öğrencilerinin 1/3'ünün (%33) güçleri açısından kovalent bağlar ile moleküller arası bağların benzer olduğunu düşündüklerini belirlemiştir. Bu öğrenciler yanıtlarında kovalent moleküller arasında güçlü moleküller arası bağlar bulunduğunu ifade etmiştir. Diğer bir deyişle bu öğrencilere göre, moleküller arası bağların kuvvetli olmasının nedeni, kovalent moleküller arasında olmasıdır.

Moleküller arası bağlara ilişkin üçüncü yanlış hidrojen bağına yöneliktir. Bu alandaki ilk araştırmalar Barker (1995) ve Taber (1993) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar, öğrencilerin H bağlarının yeri ve kuvveti hakkında fikir yürütmekte güçlük çektiklerini belirlemiştir. Barker (1995) ortaöğretim öğrencilerinin sudaki H bağlarını belirlemede zorlandığını ortaya koymuştur. Taber (1993) ise, Annie takma ismini verdiği öğrencisinden su, iyot ve sodyum klorür bileşiklerindeki kimyasal bağları belirlemesini istemiştir. Annie sudaki H bağlarının sodyum klorür bileşiminde de bulunduğunu dile getirmiştir.

Araştırmalar öğrencilerin hidrojen bağlarına ilişkin bazı yanlış genellemelerde bulunduğunu da ortaya koymaktadır. Bunun en güzel örneği, İsraili öğrencilerin ulusal genel başarı sınavında vermiş oldukları yanıtları inceleyen Levy Nahum, Hofstein, Mamlok-Naaman ve Bar-Dov (2004)'un araştırmasıdır. Araştırmacılar, öğrencilerin "H bağı içeren moleküllerin sıvı olduğunu", "bir maddenin suda çözünmesi için H bağı içermesi gerektiği" ve "suda H bağı ile çözünen maddelerin sıvı olduğunu" düşündüklerini belirlemiştir.

6. Fiziksel/kimyasal değişim ve kimyasal bağlar arasındaki ilişki

Madde ve maddedeki değişimi inceleyen bilim dalı olarak tanımlanan kimya dersinin, öğrencilere çevrelerinde gözlemledikleri olayları maddenin yapı taşlarını bir arada tutan kimyasal bağlardaki değişim ile açıklama becerisi kazandırması beklenir. Diğer bir deyişle öğrenciler, kimyasal bağları maddenin geçirdiği değişime karar vermek ve açıklamak üzere kavramsal bir model olarak kullanabilmelidir. Ancak çeşitli öğrenim seviyesindeki öğrencilerle yapılan araştırmalar öğrencilerin söz konusu beceriyi kazanmakta güçlük yaşadığını ortaya koymaktadır. Söz konusu güçlüğü çeşitli kavram yanlışları eşlik etmektedir. Bu yanlışlardan ilki, maddenin fiziksel özelliklerinin molekül içi bağlar ile açıklanmasıdır. Öğrenciler erime ve kaynama noktası gibi özelliklerden molekül içi bağları sorumlu tutabilmektedir. Nitekim Peterson, Treagust ve Garnett (1989) ortaöğretim öğrencilerine H₂O ve H₂S bileşiklerinin oda sıcaklığında neden farklı fiziksel hallerde bulunduğunu, sırasıyla ilkinin sıvı iken diğerinin neden gaz olduğunu sormuştur. Öğrencilerin büyük bir bölümü fiziksel özellikler ile moleküller arası bağlar arasında ilişki kuramamıştır. Bu öğrenciler arasında bileşiklerin fiziksel hallerindeki farklılığı kovalent bağlar ile açıklayanlar bulunmaktadır.

Tan ve Treagust (1999) aynı soruyu Singapurlu ortaöğretim 4. sınıf öğrencilerine sormuştur. Öğrencilerin çoğunluğu (%82) moleküller arası bağlar seçeneğini işa-

retleyerek sorunun ilk bölümüne doğru yanıt vermiştir. Öte yandan doğru yanıt veren bu öğrencilerin 1/3'ü doğru nedeni seçebilmiş, geri kalan öğrenciler farklılığı kovalent bağların kuvveti ile açıklamıştır. Öğrencilerin fiziksel özelliklerin belirleyicisi olarak hem moleküller arası bağları hem de kovalent bağları neden göstermesinin nedeni diğer bir soru ile açığa kavuşturmuştur. Bu sorunun analizine göre, öğrencilerin 'ü moleküller arasında kovalent bağ bulunduğunu düşünmektedir. Bu çerçevede, öğrencilerin maddenin fiziksel özellikleri ve hal değişimlerinden kovalent bağları sorumlu tutması pek de şaşırtıcı değildir. Benzer soruyu üniversite birinci sınıf kimya öğrencilerine soran Peterson (1993), öğrencilerin sadece %36'sının silikon karbürün yüksek erime noktasının nedeni olarak kuvvetli moleküller arası bağları söyleyebildiğini, geri kalanların bu durumdan molekül içi bağları sorumlu tuttuğunu belirlemiştir.

Araştırmaların ortaya koyduğu ikinci yanılgı erime ve buharlaşma gibi hal değişimleri sırasında molekül içi bağların kopacağı düşüncesidir. Peterson & Treagust (1989) ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin % 49'unun 12. sınıf öğrencilerinin ise % 17'sinin hal değişimi sırasında kovalent bağların kopacağını düşündüklerini belirlemiştir. Benzer yanılgının öğrencilerdeki varlığı diğer araştırmacılar (Peterson, Treagust & Garnett, 1989; Taber, 1993; Barker, 1995) tarafından da belirlenmiştir. Örneğin, Barker (1995) öğrencilerden iyonik bağlı $MgCl_2$ ve kovalent bağlı $TiCl_4$ bileşiklerinden oluşan bir karışımın yüksek ısıya maruz bırakıldığında karışımdan çıkan buharın neden sadece $TiCl_4$ olduğunu açıklamalarını istemiştir. Araştırma bulgularına göre ileri seviye kimya dersi görmüş olmalarına karşın, ortaöğretim öğrencilerinin (16 yaş grubu) sadece %16'sı soruyu doğru yanıtlamıştır. Geri kalan öğrenciler çeşitli yanılgılara dağılım göstermiştir. Bazı öğrenciler kovalent bağların iyonik bağlardan daha zayıf olduğunu düşünürken (%31), bazıları kovalent bağlı bileşiklerin daha düşük kaynama noktasına sahip olduğunu ifade etmiştir (%14). Geri kalanlar (%15) ise, ısıнын iyonik bağları kıramayacağı yanıtında birleşmiştir. Hangi düşünceden yola çıkarsa çıksın, bu öğrenciler buharlaşma sırasında molekül içi bağların kırılacağını düşünmektedir. Aynı soruyu 36 farklı okuldan seçtikleri ortaöğretim öğrencilerine soran Barker ve Millar (2000), öğrencilerin yarıdan fazlasının (%55) buharıda neden sadece $TiCl_4$ bulunduğunu açıklayabilmek için iki bileşiğin yapısında bulunan molekül içi bağları (iyonik ve kovalent bağ) kuvvetleri açısından karşılaştırdığını ve kovalent bağların iyonik bağlardan daha zayıf olduğu için daha kolay kırılacağını düşündüklerini belirlemiştir.

Öğrencilerin fiziksel değişim ile kimyasal bağlar arasındaki ilişkiyi kuramadıklarını gösteren diğer çalışmalar Çökelez (2004) ve Mirzalar Kabapınar ve Adik (2005) tarafından gerçekleştirilmiştir. Farklı öğrenim seviyesindeki (10-12. sınıflar) 930 ortaöğretim Fransız öğrencisi ile çalışan Çökelez (2004), öğrencilerden 4'lü Likert tipi ankette yer alan fiziksel ve kimyasal değişim olaylarının kimyasal bağlarla olan ilişkisine ilişkin ifadelerle katılım oranlarını belirtmelerini istemiştir. Araştırma bulgularına göre, konu ile ilgili öğretimi aldıkları halde öğrencilerin %42'si hal değişimi sırasında molekül içi bağların kırıldığını düşünmüştür. Mirzalar Kabapınar ve Adik (2005) neredeyse aynı oranlardaki öğrencilerin maddedeki fiziksel değişimi kimyasal bağlardaki değişim ile doğru olarak ilişkilendiremediğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar ortaöğretim 11. sınıf sayısal bölümü öğrencilerinden (n= 293) soruda adı geçen fiziksel değişimleri maddenin kimyasal bağlarındaki değişim ile açıklamalarını istemiştir. Bulgulara göre, öğrencilerin yarıya yakın bir bölümü (%42) sapı kovan po-

◆ Filiz Mirzalar Kabapınar

şetteki hiçbir kimyasal bağın kırılmayacağını düşünürken, bazı öğrenciler hem molekül içi hem de moleküller arası bağların kırılacağını dile getirmiştir.

Levy Nahum, Hofstein, Mamlok-Naaman ve Bar-Dov (2004) öğrencilerin fiziksel özellik ve kimyasal bağ ilişkisi konusunda bazı yanlış genellemelerde de bulunduğunu belirlemiştir. İsrail’de yapılmakta olan genel başarı sınavının sonuçlarını inceleyen araştırmacılar, öğrencilerin “büyük moleküllerin kaynama noktasının yüksek olduğunu” (2003 sınavı), “moleküler bileşiklerin gaz olduğunu” (2002 sınavı) ve “HF’ün kaynama noktasının NH₃’ten daha yüksek olmasının HF’de daha fazla H bağı olmasından kaynaklandığını” düşündüklerini belirlemiştir.

7. Termodinamik özellikler ve kimyasal bağlar

Kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi için gereken enerji bağ kırılmasından değil, bağ oluşumundan sağlanır. Ancak yapılan araştırmalar öğrencilerin kimyasal bağların termodinamik özelliklerini kavramakta güçlük çektiklerini ortaya koymaktadır. Bu durumun en açık kanıtı ise öğrencilerin bağ oluşumunun değil, bağ kırılmasının enerji verdiğini düşünmeleridir. Ross (1993) öğrencilerin kimyasal bağları enerji deposu şeklinde hayal ettiklerini ve bu bağlar kırıldığında enerji açığa çıkacağını düşündüklerini belirlemiştir. Araştırmacıya göre bu yanılığın altındaki neden, öğrencilerin yakıtın enerji deposu olduğunu düşünmesidir. Yanma olayına ilişkin bu basit düşünce biçiminin 14-15 yaş grubu öğrencilerde mevcut olduğu Andersson & Renström (1981) ve Baujaoude (1991) tarafından da belirlenmiştir.

Sözü edilen yanılığın kalıcılığını araştırmak üzere, Barker (1995) kimya öğrencilerine metan yandığında çıkan enerjinin nereden geldiğini sormuştur. Öğretim öncesinde öğrencilerin (16 yaş) sadece %16’sı bu enerjinin bağ oluşumundan geldiğini söylebilmiş, geri kalan öğrenciler enerjinin metanda depolanmış olduğunu (%13), metanın yanmasından çıktığını (%14) ve alevden kaynaklandığını (%7) dile getirmiştir. Dersin bitiminde (15 ay sonunda) öğrencilerin sadece yarısı enerjinin bağ oluşumundan geldiği doğru yanıtı verebilmiştir. Bu durumun yanısıra, öğretim sonunda enerjinin metanda saklı olduğu (%19) yanılığında artış olmuştur. Benzer yanılığ Schollum (1981) tarafından da belirlenmiştir.

Bağların enerjik özellikleri konusunda araştırmalar yapan Boo (1998), öğrencilerden bakır ile oksijen arasında gerçekleşen reaksiyonun endotermik mi yoksa ekzotermik mi olduğunu açıklamalarını istemiştir. Araştırma bulguları görüşme yapılan 48 öğrencinin 23’ünün (%48) bağ oluşumunun enerji gerektirdiğini, bağ kırılmasının ise dışarıya enerji vereceğini düşündüklerini göstermiştir. Araştırmacıya göre, kimyasal bağlar kırıldığında enerji açığa çıkar yanılığ, öğrencilerin ‘bir şeyin gerçekleşmesi için enerji gerekir, iki atomun bağ oluşturması için de enerji gerekir, bağ kırılınca da verilen enerji aynen açığa çıkar’ şeklindeki genellemeden kaynaklanmaktadır.

Kimyasal bağların enerji deposu olduğu düşünce biçimi pek çok araştırmanın bulgularında yer almıştır (Barker & Millar, 2000; Boo & Watson, 2001). Ortaöğretim öğrencileri ile yaptıkları araştırmada Barker ve Millar (2000), söz konusu yanılığın öğretim sonunda öğrencilerin %27’sinde varlığını sürdürmeye devam ettiğini belirlemiştir. Araştırmacılar kimyasal bağların enerji deposu olduğuna ilişkin kavram yanılığının değişiminin ne denli zor olduğunu vurgulamaktadır. Nitekim bulgulara göre, söz konusu yanılığ ile öğretim arasında kalan bazı öğrenciler çözümü bağ kırılmasının hem ekzotermik hem de endotermik olduğu şeklinde yeni bir düşünce biçimi geliştirmiştir.

(s.1178). Boo ve Watson (2001) Mg metalinin seyreltik HCl asite atılmasıyla çözeltinin sıcaklığının artışı hakkındaki görüşlerini belirlemek üzere ortaöğretim 12. sınıf İngiliz öğrencileriyle yüzyüze görüşmeler yapmıştır. Görüşmelerden çıkan sonuç, öğrencilerin çok küçük bir bölümünün (%15) çözeltinin sıcaklığındaki artışın nedenini kimyasal bağlardaki değişim ile açıklayabildiğidir. Öğrencilerin büyük bölümü bağ kırılırken enerji açığa çıkacağını, bağ oluşumu içinse enerji vermek gerektiğini düşünmüştür. Geri kalan öğrenciler ise, hem bağ oluşumunun hem de bağ kırılmasının enerji gerektirdiğini düşünmektedir. Bu düşünce biçiminin öğrencilerdeki varlığı diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Ross, 1993; Ebenezer & Fraser, 2001).

Kimyasal bağların enerji deposu olduğu düşüncesinden hareket etmeyen öğrenciler de söz konusudur. Nitekim, sodyum metalinin suya atılması ile açığa çıkan ısı/enerjinin kaynağı konusunda öğrenci düşünce biçimlerini belirlemek üzere Poztekizli ortaöğretim öğrencileriyle görüşmeler yapan Cachapuz and Martins (1987) öğrencilerin çoğunluğunun “enerjinin sodyumdan suya salındığı” yanıtını verdiğini belirlemiştir. Bulgulara göre, öğrenciler fiziksel ve kimyasal değişim sırasında açığa çıkan enerjinin kimyasal bağların oluşması ya da kırılmasından değil, maddelerden birisinin diğerlerine kıyasla daha önemli bir rol oynamasından kaynaklandığını düşünmektedir.

Sonuç ve öneriler

Yapılan literatür taraması oktet kuralının öğrencilerdeki kavrama güçlüklerinin ve yanılgıların oluşumunda önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Araştırmacılar oktet kuralının işlevinin çok ötesinde kullanıldığını, bu durumun da yanılgıların oluşmasına neden olduğunu vurgulamaktadır (Taber, 1995; 1998; Robinson, 1998; Coll ve Taylor, 2002). Öyle ki oktet kuralının baskın kullanımı; bağ oluşumu, sayısı ve kuvveti konusunda yanılgılara neden olabilmektedir. Öğrencilerin kimyasal bağlara ilişkin melez zihinsel modeller geliştirmesinde oktet kuralının rol oynayabildiği de yine araştırmaların ortaya koyduğu bir bulgudur. Tüm bunlara ek olarak, oktet kuralı orbital, kabuk, hibritleşme kavramlarının öğrenilmesine ve molekül orbital teorisinin kullanımına engel oluşturabilmektedir. Bu çerçevede araştırmacılar iki farklı öneri ileri sürmektedir. Bunlardan ilki, öğretilmiş işlevinin ötesinde kullanımına engel olunamayacağı gerekçesiyle oktet kuralının öğrencilere hiç öğretilmesi yönündedir (Taber, 1998). Diğer öneri ise, özellikle melez zihinsel modellerin oluşumuna engel olmak amacıyla sadece oktet kuralının öğretilmesi, diğer karmaşık modellerin yüksek öğretim dönemlerine bırakılmasıdır (Coll ve Taylor, 2002). Söz konusu önerilerin uygulama boyutunda ne denli işlevsel olacağını belirlenmesine yönelik araştırmalar bu sorunun çözümüne ışık tutacaktır.

Araştırmalar öğrencilerin, genel olarak kimyasal bağlara özelde ise molekül şekli ve polarlık konusunda çeşitli kavram yanılgılarına sahip olduğunu ve bunların geleneksel öğretim sonrasında da varlığını sürdürdüğünü ortaya koymaktadır. Yine tarama sonuçları, öğrenim seviyesi, yaş ve kültürel farklılık gözetmeksizin öğrencilerde benzer yanılgıların ya da öğrenme güçlüklerinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu güçlüklerin odaklandığı kavramlardan biri de molekül polarlığıdır. Aslında bu beklendik bir durumdur. Nitekim molekül polarlığı, molekül şekli ve bağ polarlığı gibi birbirinden farklı iki temel kavram üzerine inşa edilmektedir. Aynı durum sözü edilen kavramlar için de geçerlidir. Bağ polarlığının kavranması elektronegatiflik ve polarlık kavramlarının anlaşılmasına bağlılık gösterirken, molekül şekli ise bağ yap-

◆ Filiz Mirzalar Kabapınar

muş ve yapmamış elektronların varlığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Kısacası molekül şekli, bağ polarlığı, elektronegatiflik, polarlık ve molekül polarlığı birbirleri ile yakın ilişki içinde olan kavramlardır. Doğal olarak kavramlar arasındaki bu ilişki yumağı beraberinde olası sorunları da getirmektedir. Nitekim söz konusu kavramların öğrenilmesindeki herhangi bir aksaklık, ilgili kavramın ilişkide olduğu diğer kavramların öğrenimini de olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu çerçevede gerek kimya öğretmenlerine gerekse fen eğitimcilerine öğretim sırasında yukarıda anılan kavramsal sistemin bir bütün olarak ele almaları ve kavramlar arası ilişkileri sistematik bir biçimde incelemeleri önerilir.

Benzer sistematik bir yaklaşım, kimyasal bağların maddede meydana gelen değişimi tanımlamak ve sınıflamak üzere kavramsal bir model olarak kullanımı konusunda da gereklidir. Ancak böyle bir öğretim ile öğrenciler fiziksel veya kimyasal değişimi, maddenin yapı taşlarındaki ve kimyasal bağlarındaki değişimle açıklama becerisi kazanabilir. Söz konusu beceri, öğrencilerin ayırt etmekte zorlandığı (Gabel, 1996; Johnson, 2002; Johnstone, 1991; Robinson, 2003; Stavridou & Solomonidou, 1989; Tsapalis, 1997) fiziksel ve kimyasal değişmeye de ışık tutabilir. Bu çerçevede kimyasal bağların öğretim programının temelinde yerleştirilen, öğretimin üzerine odaklandığı, maddedeki değişimi açıklayıcı bir model olarak benimsenmesi önerilebilir. Böyle bir anlayış öğrencilerin hem değişim ve kimyasal bağlar ilişkisine kurmalarına hem de maddedeki değişimi ayırt etmelerine yardımcı olabilir.

Bilginin oluşturulması sürecinde oynadığı yönlendirici rol nedeniyle, öğrencilerin öğretim öncesi sahip oldukları alternatif fikirlerin belirlenmesi öğretimin hedeflerine ulaşmasında önemli bir adımdır. Öğrencilerin öğretim öncesi düşünce biçimlerinin belirlenmesinde izlenilecek çeşitli yollar bulunmaktadır. Bunların başında alternatif fikirlerin belirlendiği araştırmaların bulguları gelmektedir. Buna ilave olarak, ikincil kaynak görevini üstlenen literatür taramalarından (Özmen, 2004) veya indekslerden (Pfundt & Duit, 2000) yararlanılabilir. Mevcut bulgulardan hareket etmek yerine, öğrencilerin konu ile ilgili öğretim öncesi fikirlerini araştırmacılar tarafından önerilen alternatif ölçme ve değerlendirme yöntemlerini kullanarak (Kabapınar, 2003; Özmen, 2004; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994; White & Gunstone, 1992) kendisi belirleyebilir. Pek çok çalışma sonuçlarında ortaya çıktığı üzere bu çalışmada da, öğrencilerin öğretim öncesi yanılgılarının geleneksel öğretim sonrasında devam ettiği belirlenmiştir. Bunu izleyecek öneri, öğrencilerin öğretim öncesi yanılgılarının giderilmesi için özel stratejilerin kullanıldığı oluşturmacı öğretim yöntemlerinin tasarlanması olacaktır. Bu çerçevede, oktet kuralı ile molekül orbital teorisinin birer model olarak kapsama alanlarının ve sınırlılıklarının irdelendiği, bilimin doğası ve modelleme etkinliklerine dayalı öğretim stratejilerinin tasarlanması ve etkililiğinin araştırılması alana önemli katkılar sağlayabilir.

Yapılan literatür taraması ışığında, moleküller arası kimyasal bağların oluşum süreci ve kuvvetleri hakkındaki öğrenci düşünce biçimlerini ve zihinsel modellerini inceleyen çalışmaların sınırlı sayıda olduğu söylenebilir. Özellikle öğrencilerin moleküller arası bağların türleri (iyon-dipol, dipol-dipol ve Van der Waals) ve birbirlerinden olan farklarına ilişkin öğrenci düşünme biçimlerini inceleyen araştırmaya rastlanmamıştır. Yine elektronegatiflik, bağ polarlığı, molekül şekli ve polarlığı kavramlarının öğrencilerdeki gelişimini ve öğrenilmesi sırasında yaşanan sorunların kaynaklarının belirlendiği nitel araştırmalara rastlanmamıştır. Bu bağlamda, yukarıda anılan alanlardaki araştırmalara gereksinim olduğunu söylemek olasıdır.

Kaynakça

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York:Oxford University Press.
- Andersson, B. & Renström, L. (1981). *Oxidation of steel-wool*. (Report: Elevperspektiv Number 7). Göteborg: Department of Educational Research, University of Göteborg.
- Atasoy, B., Kadayıfçı, H. & Akkuş, H. (2003). Kimyasal bağlar konusundaki yanlış kavramlar. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1 (1), 61-79.
- Barker, V. & Millar, R. (2000). Students' reasoning about chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 22 (11), 1171-1200.
- Barker, V. (1995). *A longitudinal study of 16-18 year olds' understanding of basic chemical ideas*. Unpublished Doctorate Thesis, Department of Educational Studies, University of York.
- Birk, J.P. & Kurtz, M.J. (1999). Effect of experience on retention and elimination of misconceptions about molecular structure ve bonding. *Journal of Chemical Education*, 76, 124-128.
- Boo, H. K. & Watson, J. R. (2001). Progression in high school students' (aged 16-18) conceptualizations about chemical reactions in solution. *Science Education* 85: 568-585.
- Boo, H. K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetic of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 3 (5), 569 - 581.
- Boujaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 689-704.
- Cachapuz, A. F. & Martins, I. P. (1987). High school students' ideas about energy of chemical reactions. In J. Novak & H. Helm (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*, Vol. III (60-68).
- Can, Ş. & Harmandar, M. (2004). Fen bilgisi öğretmenliği ve sınıf öğretmenliği öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki kavramsal yanılgıları. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5 (8).
- Canpolat, N., Pınarbaşı, T. & Sözbilir, M. (2003). Kimya öğretmen adaylarının kovalent bağ ve molekül yapıları ile ilgili kavram yanılgıları. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2 (25), 66-72.
- Cervellati, R. & Perugini, D. (1981). The understanding of the atomic orbital concept by Italian high school students. *Journal of Chemical Education*, 58, 568-569.
- Coll, R.K. & Taylor, N. (2002). Mental models in chemistry: senior chemistry students' mental models of chemical bonding. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3 (2), 175-184.
- Coll, R.K. & Treagust, D.F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*, 31, 357-382.
- Çökelez, A. (2004). Molekül içi ve moleküller arası bağlar ve maddenin dönüşümü: Fransız ortaöğretim öğrencilerinin görüşleri. **VI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi**, 9-11 Eylül, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Dagher, Z. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change?. *Science Education*, 78(6), 601-14.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A., (1985). *Children's Ideas in Science* (6th Ed.). Open University Press: Milton Keynes.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Duschl, R. (1994) Research on the history and philosophy of science. In D. Gabel (ed), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (New York: Macmillan), 443-465.

◆ Filiz Mirzalar Kabapınar

- Ebenezer, J.V. & Fraser, M.D. (2001). First year chemical engineering students' conceptions of energy in solution process: Phenomenographic categories for common knowledge construction. *Science Education* 85: 509-535.
- Furio, C. & Calatayud, M.L. (1996). Difficulties with the geometry and polarity of molecules. *Journal of Chemical Education*, 73(1), 36-41.
- Gabel, D. (1996). *The complexity of chemistry: Research for teaching in the 21st century*. Paper presented at the 14th International Conference on Chemical Education. Brisbane, Australia.
- Gabel, D. L., Samuel, K. V. & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64, 695-697.
- Glynn, S. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogy model. In S. Glynn, R. Yeany & B. Britton (eds.), *The Psychology of Learning Science*. Lawrence Erlbaum: Hillsdale, NJ, 219-240.
- Greca, I.M. & Moreira, M.A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106-121.
- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80, 509-534.
- Johnson, P. (2002). Children's understanding of substances, Part 2: Explaining chemical change. *International Journal of Science Education*, 24 (10), 1037-1054.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science is difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Kabapınar, F. (2003). **Kavram yanlışlarının ölçülmesinde kullanılacak bir ölçeğin bilgi-kavrama düzeyini ölçmeyi amaçlayan ölçekten farklılıkları**. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 35, 398-417.
- Kozma, R.B., Russell, J., Jones, T., Marx, N. & Davis, J. (1996). The use of multiple, linked representations to facilitate science understanding. In S. Vosniadou, R. Glaser, E. DeCorte, & H. Mandel (Eds.), *International perspective on the psychological foundations of technology-based learning environments*. Lawrence Erlbaum: Hillsdale NJ, 41-60.
- Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Levy Nahum, T., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. & Bar-Dov, Z. (2004). Can final examinations amplify students' misconceptions in chemistry?. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 301-325.
- Matthews, M. (1998) The nature of science and science teaching. In B. Fraser and K. Tobin (eds), *International handbook of science*. London: Kluwer Academic, 881-999.
- Mirzalar Kabapınar, F. & Adik, B. (2005). Ortaöğretim 11. sınıf öğrencilerinin fiziksel değişim ve kimyasal bağ ilişkisini anlama seviyesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 38 (1), 123-147.
- Nakiboğlu, C. & Benlikaya, R. (2001). Orbital kavramı ve modern atom teorisine ilişkin kavram yanlışları. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 9 (1) 165-174.
- Nakiboğlu, C. (2003). Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 4 (2), 171-188.
- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707-730.
- NRC (National Research Council) (1996). *National Science Education Standards*. Washington. DC: National Academy Press.
- NSTA (National Science Teacher Association) (1992). *The content core: A guide for curriculum designers*. Washington. DC: NSTA

Öğrencilerin Kimyasal Bağ Konusundaki Kavram Yanılgılarına İlişkin Literatüre Bir Bakış ... ◆

- Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147-159.
- Özmen, H., Karamustafaoğlu, S., Sevim, S. & Ayas, A. (2002). Kimya öğretmen adaylarının temel kimya kavramlarını anlama seviyelerinin belirlenmesi. **V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi**, Ankara.
- Peterson, R. & Treagust, D. (1989). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66(6), 459-460.
- Peterson, R.F. (1993). Tertiary students' understanding of covalent bonding and structure concepts. *Australian Journal of Chemical Education*, 11-15.
- Peterson, R.F., Treagust, D.F. & Garnett, P. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and grade-12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 301-314.
- Pfundt, H. & Duit, R. (2000). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. Kiel, Germany: University of Kiel Institute for Science Education.
- Preira, M.P. & Pestana, M.E.M. (1991). Pupils' representations of models of water. *International Journal of Science Education*, 13, 313-319.
- Robinson, W.R. (1998). An alternative framework for chemical bonding. *Journal of Chemical Education*, 75, 1074-1075.
- Robinson, W.R. (2003). Chemistry problem-solving: Symbol, macro, micro and process aspects. *Journal of Chemical Education*. 80, 978-982.
- Ross, K. (1993). There is no energy in food and fuels- but they do have fuel value. *School Science Review*, 75, 39-47.
- Schollum, B. (1981). *Chemical change: A working paper of the Learning in Science Project (no. 27)*. University of Waikato, Hamilton, New Zealand
- Stavridou, H. & Solomonidou, C. (1989). Physical phenomena- chemical phenomena: Do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11 (1), 83-92.
- Taber, K.S. (1993). Stability and lability in student conceptions: some evidence from a case study. Paper presented at the British Educational Research Association Annual Conference, Liverpool.
- Taber, K.S. (1994). Misunderstanding the ionic bond. *Education in Chemistry*, 31, 100-103.
- Taber, K.S. (1995). Development of student understanding: A case study of stability and lability in cognitive structure. *Research in Science and Technological Education*, 13, 89-99.
- Taber, K.S. (1997). Students' understanding of ionic bonding: Molecular versus electrostatic framework. *School Science Review*, 78, 85-95.
- Taber, K.S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20, 597-608.
- Taber, K.S. (2001). Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2, 123-158. [http://www.uoi.gr/cerp]
- Tan, K.C.D. & Treagust, D.F. (1999). Evaluating students' understanding of chemical bonding. *School Science Review*, 81(294), 75-84.
- Tsaparlis, G. & Papaphotis, G. (2002). Quantum-chemical concepts: Are they suitable for secondary students? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3, 129-144.
- Tsaparlis, G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education: A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74, 922-925.
- Ünal, S., Özmen, H., Demircioğlu, G. & Ayas, A. (2001). Lise öğrencilerinin kimyasal bağlarla ilgili anlama düzeylerinin ve yanılgılarının belirlenmesine yönelik bir çalışma. **V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi**, Ankara.

◆ Filiz Mirzalar Kabapınar

- Vosniadou, S. & Brewer, C. (1992) Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning & Instruction*, 4, 45-69.
- Wandersee, J., Mintzes, J. & Novak, J. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D.L. Gabel (ed), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan, 177-210.
- White, R.T. & Gunstone, R.F. (1992). *Probing understanding*. London: Falmer Press.
- Williamson, V.M. & Abraham, M.R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 521-534.
- Yılmaz, A. & Morgil, İ. (2001). Üniversite öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20- 172-178.
- Zoller, U. (1990). Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 1053-1065.

A LITERATURE REVIEW OF STUDENT MISCONCEPTIONS ON CHEMICAL BONDING II: INTERMOLECULAR BONDING

Filiz MİRZALAR KABAPINAR*

Abstract

This is the second part of a paper that examines the literature on student misconceptions about chemical bonding. The first part focusses on student ideas about intramolecular bonding whereas the present paper concentrates on the idea of intermolecular bonding. Similar to the first paper, the patterns of student thinking emerged out of the literature were determined and presented on thematic and schooling level basis. On the basis of the review some suggestions for teaching and future research were also made.

Key Words: Science education, chemical bonding, intermolecular bonding, alternative ideas, misconception, literature review

* Assistant Professor, Atatürk Faculty of Education, Department of OFMA, Chemistry Teaching Programme