

Lise Öğrencilerinin İyonik Bağla İlgili Yanlış Kavramları: Bir Örnek Olay Çalışması

Secondary School Students' Misconceptions of Ionic Bonding: A Case Study

Suat Ünal, Ali Paşa Ayas ve Muammer Çelik
Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Giresun Üniversitesi

Öz

Bu çalışmanın amacı, "Kimyasal Bağlar" ünitesinde yer alan "İyonik Bağ" konusundaki kavramlar ile ilgili Lise-1 ve Lise-3 öğrencilerinin anlama düzeylerini ve sahip oldukları kavram yanlışlarını belirlemektir. Bu amaçla, içerisinde iyonik bağla ilgili 8 sorunun yer aldığı toplam 24 soru içeren çoktan seçmeli bir test geliştirilerek Lise-1 düzeyinde 128 ve Lise-3 düzeyinde 122 olmak üzere rasgele seçilmiş 250 öğrenciye uygulanmıştır. Testte yer alan maddelerin her biri çeldirici olarak araştırılan kavramla ilgili literatürde belirlenen yanlışları içermektedir. Testin uygulanması sonucu elde edilen öğrenci cevapları analiz edildiğinde, öğrencilerin bazılarının iyonik bağlanma, bağlanmayı gerçekleştiren atomlar, iyonik yapıli bileşikler ve bu bileşiklerin yapılarına dair çok sayıda kavram yanlışısına sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, öğrencilerin kavram yanlışları ve olası nedenleri tanımlanmaya çalışılmış, ayrıca bunların giderilebilmesi için bazı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kimya eğitimi, iyonik bağ, kavram yanlışısı, anlama düzeyi

Öz

The aim of this study is to investigate level of understanding of students at Lycee-1 and Lycee-3 related to concepts about ionic bonds. In this study, a case study research methodology was used. Within this methodology, a multiple choice test was used for collecting data. The test used in the study comprises of 24 multiple-choice items, eight of which were particularly related to ionic bonds, designed from misconceptions on chemical bonds reported in the related literature. The test was administered to 250 students (128 students at Lycee-1 and 122 students at Lycee-3). Rest of the choices in each item includes misconceptions relevant with the concept under investigation as well as the correct answer. As a result of data analysis, it was found out that students had some misconceptions about ionic bonds, the atoms forming ionic bonds, ionic compounds and ionic lattices. This article, firstly, identifies misconceptions related to ionic bonds and than, tries to find out their possible reasons why students have those conceptions. Moreover, it presents some suggestions for teachers and teacher educators to overcome these misconceptions.

Keywords: Chemistry Education, Ionic Bonds, Misconceptions, Understanding Level

Giriş

Öğrenme, bireyde var olan bilgiyle yeni bilgilerin ilişkilendirilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. Öğrenmenin, öğrenciye öğretilen yeni bilgiler ile

öğrencinin mevcut fikirleri veya kavramları arasındaki karşılıklı ilişkinin bir ürünü olduğu görüşü yaygın olarak kabul edilmektedir. Öğrenme sırasında öğrenci, kendi bilişsel yapısı, yetenekleri, tutum ve deneyimleri aracılığıyla yeni bilgiyi düzenler ve önceki bilgileriyle ilişkilendirerek tutarlı kavramalar geliştirir (Nakhleh, 1992; Osborne ve Freyberg, 1996). Öğrenciler kendi kavramlarını kendileri yapılandırdıkları için (Ayas, 1995; Bodner, 1990), bir kavramın onlar tarafından yapılandırılması bazen bilimsel olarak kabul edilenden

Arş. Gör. Suat Ünal, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fatih Eğitim Fakültesi, E-posta: unal-suat@hotmail.com

Arş. Gör. Muammer Çelik, Giresun Üniversitesi, İlköğretim Bölümü, Fen Bilgisi Abd, E-posta: muammer38@hotmail.com

Prof. Dr. Ali Paşa Ayas, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fatih Eğitim Fakültesi, E-posta: aayas@ktu.edu.tr

farklıdır. Öğrenciler, bilimsel görüşlerle tutarlı olmayan bu tür yanlış önbilgilerini ders ortamına taşımaktadırlar (Osborne ve Freyberg, 1996). Genel olarak bilimsel çevre tarafından kabul edilenlerden farklı olan öğrenci kavramlarına; “yanlış kavramalar (misconceptions)”, “önkavramlar veya önyargılar (preconceptions)”, “alternatif yapılar (alternative frameworks)”, “çocukların bilimi (childrens’ science)”, “kendiliğinden oluşan bilgiler (spontaneous knowledge)”, “önceden edinilmiş kavramlar (preconceived notions)” ve “olaysal kavram yanlışları (factual misconceptions)” gibi isimler verilmiştir (Nakhleh, 1992; Colletta ve Chiapetta, 1989). Yanlış kavramaların öğrencinin bilişsel yapısına katılması, sonraki öğrenmelerine engel teşkil eder. Böyle bir durumda öğrenci yeni bilgiyi bilişsel yapısındaki bilgilerle ilişkilendiremez ve kavramların zayıf anlaşılması veya yanlış anlaşılması gerçekleşir (Nakhleh, 1992).

Kimya konuları, genel olarak maddenin tanecikli yapısıyla ilgili olduğu için birçok soyut temel kavramdan oluşmaktadır. Bu temel kavramları anlamadan daha ileri düzeydeki kavramların anlaşılması oldukça zordur (Coştu, 2002; Nicoll, 2001; Coll ve Treagust, 2001; Ayas ve Demirbaş, 1997; Nakhleh, 1992; Zoller, 1990). Ayrıca kimya ve fizik gibi fen dersleri, diğer derslere oranla daha karmaşık olup daha çok zihinsel düşünme faaliyeti gerektirmektedir. Bu nedenle fen derslerinin öğrenciler tarafından anlaşılması zor olmakta ve bu derslerde öğrenciler daha fazla yanlış kavramalar geliştirmektedirler (Ayas, Coştu, Çalık, Ünal ve Karataş, 2001; Zoller, 1990). Öğrencilerin fen alanlarındaki yanlış kavramaları ve kavram yanlışları fen bilimleri eğitimcileri, eğitim araştırmacıları, öğretmenler ve özellikle öğrenciler için önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır (Zoller, 1990). Nitekim son yıllarda çoğu ülkede ve özellikle de Türkiye’de öğrencilerin fenle ilgili kavramalarını tespit etmek ve böylece fen öğretimini geliştirmede bir temel oluşturmak amaçlanmıştır (Ayas ve Coştu, 2001; Ayas ve Demirbaş, 1997; Hand ve Treagust, 1991; Peterson ve Treagust, 1989). Öğrencilerin kimya konularındaki yanlış kavramalarıyla ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaları değerlendiren Griffiths (1994) ve Garnett, Garnett ve Hackling (1995), yanlış kavramaların öğrencilerde yaygın olarak gözlemlendiği bu

konuları; kimyasal denge, asit ve bazlar, stokiyometri, elektrokimya, maddenin yapısı, fiziksel ve kimyasal değişme, yanma, çözünme, çözeltiler, kimyasal bağlar ve moleküller arası kuvvetler olarak tespit etmişlerdir.

Bağlar konusu, öğrencilerin yanlış kavramalara yaygın olarak sahip oldukları kimya konularından biridir (Garnett ve diğ., 1995; Griffiths, 1994). Kimyasal bağ konusu içerisindeki kavramlar, bir lise öğrencisinin günlük yaşamında somut olarak karşılaştığı veya çevresiyle etkileşimleri sonucu sahip olduğu deneyimlerinden yola çıkarak anlayabileceği kavramlar değildir. Aksine günlük yaşamda örneklerine açıkça rastlayamayacakları soyut kavramlardır (Griffiths ve Preston, 1999, Tan ve Treagust, 1999). Öğrenci bir atomu, onun yapısını ve diğer atomlarla ilişkilerini göremez. Bu yüzden pek çok öğrencinin kimyasal bağlanma ile ilgili kavramları anlamada güçlüklerinin olması ve bu konu içerisindeki kavramlarla ilgili farklı kavramalara sahip olmaya eğilimli olması çok büyük bir olasılıktır (Nicoll, 2001; Griffiths ve Preston, 1999; Tan ve Treagust, 1999).

Peterson ve Treagust (1989), kovalent bağ ve yapı ile ilişkili kavramların öğrenciler tarafından ne düzeyde anlaşıldığını araştırmak amacıyla çoktan seçmeli bir teşhis testi geliştirmişler ve bunu üç farklı lisede öğrenim gören 84 on ikinci sınıf öğrencisine uygulamışlardır. Çalışmada; molekül şekilleri, bağ polarlığı, molekül polarlığı, örgü yapıları, moleküller arası kuvvetler ve oktet kuralı başlıkları ile ilgili birçok yanlışlığın öğrenciler tarafından benimsendiği ortaya çıkmıştır.

Taber (1997), İngiltere’deki üniversite öğrencilerinin iyonik bağ kavrama düzeylerini belirlemek ve daha önceden az sayıda öğrenci örneklemeyle yapılmış çalışmalar sonucunda ortaya çıkan ve literatürde mevcut olan kavram yanlışlarının daha geniş bir örneklemede ne derecede bulunduğunu araştırmak için bir anket geliştirmiş ve 370 öğrenciye uygulamıştır. Çalışmanın sonunda öğrencilerin sodyum klorürün örgü yapısı ve iyonik bağın nasıl gerçekleştiği ile ilgili önemli kavram yanlışlarına sahip oldukları belirlenmiştir.

Tan ve Treagust (1999), Singapur’da öğrenim gören 14-16 yaş arasındaki öğrencilerin kimyasal bağla ilgili yanlış kavramalarını belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar bu yanlışları ortaya

koymak amacıyla çoktan seçmeli bir test hazırlamışlar ve bu testi 119 öğrenciye uygulamışlardır. Testten elde edilen verilerin analizleri sonucunda öğrencilerde bağlanma, örgü yapıları, molekül içi ve moleküller arası kuvvetler ve grafitin elektrik iletkenliği ile ilgili bazı yanlışlar tespit etmişlerdir.

Nicoll (2001), elektronegatiflik, bağlanma, molekül geometrileri ve mikroskopik gösterimlerle ilgili, farklı sınıf düzeylerindeki üniversite öğrencilerinin sahip oldukları kavram yanlışlarını tespit etmek amacıyla 56 öğrenciye bireysel mülakatlar yürütmüştür. Nicoll, çalışmada öğrencilerin bağlanmanın nasıl gerçekleştiği, polar ve apolar kavramları, bağ türleri, atom ve molekül kavramları, Lewis nokta yapısı, elektronların atom içerisindeki hareketi, atom çapları, elektronegatiflik gibi kavramlarla ilgili makroskopik ve mikroskopik düzeyde yanlış kavramlara sahip olduklarını belirlemiştir. Ayrıca farklı öğrenim düzeylerini karşılaştıran yazar, öğrencilerdeki kavram yanlışlarının eğitim düzeyi ile bağlantılı olarak önemli ölçüde değişmediğini ortaya koymuştur.

Fen bilgisi öğretiminde amaç sadece bilgilerin kazanılması değil, kavramlar ve alt kavramlar arasındaki ilişkilerin gelişimi sürecinde öğrencilerin anlama seviyelerine ve farklı algılamalarına göre onlara yardımcı olacak öğretim stratejilerinin geliştirilmesidir (Ward ve Herron, 1980). Bunun sağlanabilmesi için öğrencilerin kavramlar hakkındaki mevcut bilgi birikimlerinin ve kimyasal bir kavramı yapılandırdıkları bilişsel yapılarının ortaya çıkartılması gerekmektedir (Ebenezzer ve Erickson, 1996). Bu kavramlarla ilgili yanlış kavramların tespit edilmesinin, hem öğretmenlere hem de program geliştirme uzmanlarına faydalı olacağına inanılmaktadır. Çünkü, öğrencilerin zihinlerinde var olan ve bilimsel bilgilerle tutarlı olmayan fikirlerini bilen öğretmenler, onların bu yanlış fikirlerini ortadan kaldıracak ve o kavram ya da kavramlarla ilgili doğru bilgileri öğrencide yerleştirecek şekilde öğretimlerini planlayabilirler. Ayrıca bu konu ile ilgili öğretim programı veya materyal geliştirmek isteyen program geliştirme uzmanları ise, programı geliştirme sürecinin ilk aşamasında bu tür çalışmalardan elde edilen verileri kullanabilirler.

Bu çalışma, fen bilgisi ve kimya derslerinin temel kavramlarının birçoğunu içeren “Kimyasal Bağlar”

ünitesinde yer alan “İyonik Bağ” konusu ve içerisindeki kavramlar ile ilgili Lise-1 ve Lise-3 öğrencilerinin anlama düzeylerini ve yanlışlarını tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Öğrencilerin sahip olduğu bu tür yanlış kavramların belirlenmesinin, öğretmenlere, öğretmen eğitimcilerine, program geliştirmecilere ve ders kitabı yazarlarına önemli yararlar sağlayacağına inanılmaktadır.

Yöntem

Bu çalışmada yöntem olarak, belirlenen bir konunun ayrıntılı biçimde ve kısa sürede araştırılmasına imkan sağladığı için örnek olay tekniği kullanılmıştır (Ayas ve diğ., 2001).

Örneklem

Bu çalışma, Trabzon İl merkezinde bulunan iki genel liseyi kapsamaktadır. Araştırmanın örnekleme, bu liselerde öğrenim gören öğrenciler arasından rasgele seçilen Lise-1 düzeyinde 128 ve Lise-3 düzeyinde 122 olmak üzere toplam 250 öğrenciden oluşmaktadır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak çoktan seçmeli bir test geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan test, “Kimyasal Bağlar” konusu ile ilgili ortaöğretim müfredatındaki (1992) hedefler ve hedef davranışlar esas alınarak hazırlanmış 24 soruyu içermektedir. Testte yer alan maddelerin tümü, incelenen literatürde bahsedilen yanlışlar dikkate alınarak geliştirilmiştir. Geliştirilen çoktan seçmeli testin her bir maddesinde 4 cevap seçeneği bulunmaktadır. Seçeneklerden bir tanesi doğru cevabı, diğer üç seçenek ise araştırılan kavramla ilgili literatürden belirlenen yanlışları içermektedir. Çoktan seçmeli bu tür testler, öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarını belirlemede birçok araştırmacı tarafından daha önce de kullanılmıştır. Geliştirilen çoktan seçmeli test aracının güvenilirliği Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı formülü kullanılarak hesaplanmış ve bu değer Sperman Brown formülü ile düzeltilerek testin güvenilirlik katsayısı 0,81 olarak tespit edilmiştir.

İşlem

Kimyasal bağlar konusunun sınıfta işlenmesinden bir hafta sonra, geliştirilen çoktan seçmeli test örneklem

grubuna uygulanmıştır. Bu çalışmanın amacı öğrencilerin *iyonik bağla* ilgili yanlış kavramalarını belirlemek olduğundan, kimyasal bağlar konusundaki kavramların tamamına yönelik olarak geliştirilen testin sadece iyonik bağ ve yapısı ile ilgili olan sekiz sorusuna verilen öğrenci cevapları incelenmiştir. Test maddelerine verilen öğrenci cevapları analiz edilirken; her bir maddenin kavram yanlışlarını içeren cevap seçeneklerinin öğrenciler tarafından *doğru cevap* olarak işaretlenme yüzdeleri ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen bulgular, her iki sınıf seviyesine göre tablolar halinde düzenlenerek bu seviyeler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca öğrencilerin sahip oldukları yanlış kavramalar ve bunların olası nedenleri tanımlanmaya çalışılmıştır.

Bulgular

Testte öğrencilerin iyonik bağ konusu içerisindeki kavramlarla ilgili anlamalarını ölçen 8 soruya verdikleri cevapların iki sınıf için dağılımı Tablo 1’de verilmiştir. Örneklem grubunda aynı yanlışları taşıyan öğrencilerin oranının açıkça görülebilmesi için, Tablo 1 kavram yanlışlarını içeren çeldiricilerin seçilme yüzdelerini göstermektedir.

Testteki ilk soru, öğrencilerin iyonik bileşiklerin özellikleri ile ilgili anlamalarını ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu soruda öğrencilerden, iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle hangi halde olduğunu, verilen seçenekler arasından seçmeleri istenmektedir. İyonik

yapılı bileşiklerin genellikle katı halde olduğu ifadesini içeren “a” seçeneği bu sorunun doğru cevabını içeren seçenektir. Tablo 1’den görüldüğü gibi, bu soruya verilen cevaplar arasında “a” doğru seçeneğini işaretleyen öğrenci yüzdeleri, Lise-1 için % 61 ve Lise-3 için % 54 olarak tespit edilmiştir. İyonik bileşiklerin genellikle sıvı olduğu ifadesini içeren ve yanlış olan “b” seçeneği, Lise-1 öğrencilerinin % 19’u ve Lise-3 öğrencilerinin % 20’ si tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. İyonik bileşiklerin genellikle gaz halde bulunduğu ifadesini içeren ve yanlış olan “c” seçeneğini işaretleyen öğrenci yüzdeleri ise, Lise-1 için % 6 olarak belirlenirken Lise-3 için % 0 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca iyonik bileşiklerin birbirlerine kovalent bağla bağlı olduğu ifadesini içeren ve yanlış olan “d” seçeneğinin, Lise-1 öğrencilerinin % 9’u ve Lise-3 öğrencilerinin % 20’ si tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. Bu soru için yanlış seçenekleri işaretleyen öğrencilerin toplam yüzdeleri, Lise-1 için % 34 ve Lise-3 için % 40 olarak tespit edilmiştir.

Testteki ikinci soruda, öğrencilerin bir iyonik bağın nasıl gerçekleştiği ve iyonik bağ meydana gelirken atomların nasıl davrandığı ile ilgili anlamalarını ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır. Bir iyonik bağın oluşabilmesi için bağ yapan atomlardan birinin elektron vermesi, diğerinin ise elektron alması gerektiğini ifade eden “b” seçeneği, bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu seçenek, Lise-1 öğrencilerinin % 48’ i ve Lise-3 öğrencilerinin % 45’i tarafından işaretlenmiştir. İyonik bağlanma esnasında elektronların bağ yapan atomlar arasında paylaşıldığı ifadesini içeren ve aslında kovalent bağlanma için doğru olan “a” seçeneğini işaretleyen öğrencilerin yüzdelerinin, Lise-1 için % 17 ve Lise-3 için % 20 olduğu belirlenmiştir. İyonik bağlanma esnasında bağlanmayı oluşturan elektronların kayb olduğu ifadesini içeren ve yanlış olan “c” seçeneğinin, Lise-1 öğrencilerinin % 13’ ü ve Lise-3 öğrencilerinin % 4’ ü tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. İyonik bağlanma esnasında bağ yapan elektronların her iki atom arasında bölündüğü ifadesini içeren “d” seçeneği ise, Lise-1 öğrencilerinin % 19’u ve Lise-3 öğrencilerinin % 25’i tarafından işaretlenmiştir. Bu soruyu yanlış cevaplandıran öğrencilerin toplam yüzdeleri, Lise-1 ve Lise-3 için % 49 olarak bulunmuştur.

Tablo 1

İki farklı öğrenim seviyesindeki öğrencilerin teste verdikleri cevapların yüzdeleri dağılımları

Soru No	Lise-1 (%)					Lise-3 (%)				
	A	B	C	D	Boş	A	B	C	D	Boş
1	61*	19	6	9	5	54*	20	0	20	6
2	17	48*	13	19	3	20	45*	4	25	6
3	13	60*	9	16	2	10	74*	2	11	3
4	18	22	16	42*	2	21	2	25	50*	2
5	54*	17	13	11	5	60*	25	4	7	4
6	30	24	17	27*	2	35	19	14	30*	2
7	23	16	33*	25	3	25	13	43*	16	3
8	19	31*	27	20	3	15	42*	27	11	5

* Doğru cevabı içeren seçenek

Testteki üçüncü soruda ise öğrencilerden, iyonik bağın hangi tür atomlar arasında gerçekleştiğini verilen cevap seçenekleri arasından seçmeleri istenmektedir. Bu sorunun doğru cevabını, iyonik bağın metaller ile ametaller arasında gerçekleştiği ifadesini içeren “b” seçeneği oluşturmaktadır. Tablo 1’ e bakıldığında, Lise-1 öğrencilerinin % 60’ının ve Lise-3 öğrencilerinin % 74’ ünün bu seçeneği işaretledikleri ortaya çıkmıştır. İyonik bağın metal atomları arasında oluştuğu ifadesini içeren ve yanlış olan “a” seçeneğinin, Lise-1 öğrencilerinin % 13’ ü ve Lise-3 öğrencilerinin % 10’ u tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği belirlenmiştir. İyonik bağın metal atomları ile soy gaz atomları arasında gerçekleştiği ifadesini içeren ve yanlış olan “c” seçeneği, Lise-1 öğrencilerinin % 9’ u ve Lise-3 öğrencilerinin % 2’ si tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. İyonik bağın ametaller arasında oluştuğu ifadesini içeren ve aslında kovalent bağlanma için doğru olan “d” seçeneğinin ise, Lise-1 öğrencilerinin % 16’ sı ve Lise-3 öğrencilerinin % 11’ i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği tespit edilmiştir. Bu soruyu yanlış cevaplandıran öğrencilerin toplam yüzdeleri, Lise-1 için % 38 ve Lise-3 için % 23 olarak bulunmuştur.

Testteki dördüncü soru, öğrencilerin verilen bir molekül oluşturulan atomlar arasındaki bağlanmaların özelliklerini ve onların türlerini belirleyebilme düzeylerini araştırmaktadır. Bu soruda, günlük yaşamımızda önemli bir yeri olan “su” molekülündeki bağlanma türünü, öğrencilerin verilen cevap seçenekleri arasından seçmesi istenmektedir. Bu soru doğrudan iyonik bağ ile ilgili değildir. Ancak bu soru literatürde yer alan, öğrencilerin iyonik ve kovalent bağ birbirine karıştırdıkları yanlışlığı dikkate alınarak hazırlanmıştır. Cevap seçenekleri içerisinde ayrıca su molekülü için öğrencilerin yaygın olarak sahip oldukları, literatürde ifade edilen diğer yanlış kavramalar yer almaktadır. Su molekülündeki atomlar arasında polar kovalent bağ olduğu ifadesini içeren “d” seçeneği bu sorunun doğru cevabını içermektedir. Bu seçeneği işaretleyen öğrencilerin yüzdeleri, Lise-1 için % 42 ve Lise-3 için % 50 olarak belirlenmiştir. Su molekülündeki bağın iyonik bağ olduğu ifadesini içeren “b” seçeneğini doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci yüzdeleri ise, Lise-1 için % 22 ve Lise-3 için % 2 olarak tespit edilmiştir.

Testin beşinci maddesinin soru kökünde, iyonik bağın tanımı yer almaktadır. Bu soruda öğrencilerden, verilen bu tanımın hangi bağlanma türüne ait olduğunu seçmesi istenmektedir. Atomlardan birinin elektron vermesi, diğerinin ise alması sonucu oluşan bağın iyonik bağ olduğu ifadesini içeren “a” seçeneği, bu soru için doğru cevabı içeren seçenektir. Bu seçenek, Lise-1 öğrencilerinin % 54’ ü, Lise-3 öğrencilerinin ise % 60’ ı tarafından doğru işaretlenmiştir. Verilen tanımlamanın kovalent bağa ait olduğunu ifade eden ve yanlış olan “b” seçeneği, Lise-1 öğrencilerinin % 17’ si, Lise-3 öğrencilerinin ise % 25’ i tarafından doğru cevap olarak seçilmiştir. Verilen tanımlamanın hidrojen bağını açıklayan bir ifade olduğuna işaret eden ve yanlış olan “c” seçeneğinin öğrenciler tarafından doğru cevap olarak işaretlenme yüzdelerine baktığımızda ise, Lise-1 için % 13 ve Lise-3 için % 4 olduğu ortaya çıkmıştır. Soru kökünde verilen açıklamanın metalik bağ tanımladığını ifade eden ve yanlış olan “d” seçeneği ise, Lise-1 öğrencilerinin % 11’ i ve Lise-3 öğrencilerinin % 7’ si tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Bu soruyu yanlış cevaplandıran öğrencilerin toplam yüzdeleri, Lise-1 için % 41 ve Lise-3 için %36 olarak bulunmuştur.

Altıncı soruda, iyonik bir bileşik olan NaCl’ de, sodyum ve klor atomlarının dizilişi için iki boyutlu bir diyagram verilmiş ve öğrencilerden, bu diyagram için verilen ifadeler arasından doğru olanı ya da olanlarını içeren cevap seçeneğini işaretlemeleri istenmiştir. İyonik bağla ve gösterilen diyagramla ilgili verilen beş önerme arasından doğru olanlarını içeren seçenek “d” seçeneğidir. Bu seçenek, “*Diyagramdaki her bir sodyum veya klor iyonu, etrafındaki diğer klor veya sodyum iyonlarıyla iyonik bağlıdır (3. önerme)*” ifadesini ve “*Sodyum ve klor iyonları arasında bağ oluşmasının nedeni zıt yüklü olmalarıdır (4. önerme)*” ifadesini içermektedir. Bu soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin yüzdeleri, Lise-1 için % 27 ve Lise-3 için %30 olarak tespit edilmiştir. “*Diyagramda on iki sodyum klorür moleküllü ve on iki iyonik bağ vardır (1. önerme)*” ifadesini ve “*Diyagramdaki her bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından iyonik bağla çekilir, diğer sodyum atomları tarafından yapılan çekimler sadece moleküller arası kuvvetlerdir (2. önerme)*” ifadesini içeren “a” seçeneğini doğru cevap olarak işaretleyen

öğrenci yüzdelerinin, Lise-1 için % 30 ve Lise-3 için % 35 olduğu belirlenmiştir. Daha önce ifade edilen 2. ve 3. önermelerin doğru olduğunu söyleyen “b” seçeneğini işaretleyen öğrenci yüzdelerinin; Lise-1 için % 24 ve Lise-3 için % 19 olduğu belirlenmiştir. Yukarıda ifade edilen 4. önermeyi ve “*Diyagram üzerinde bir iyonik bağın yeri, hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığı bilinmediği sürece belirlenemez (5. önerme)*” ifadesini içeren “c” seçeneğinin ise, Lise-1 öğrencilerinin %17’si ve Lise-3 öğrencilerinin % 14’ü tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği tespit edilmiştir. Bu soruyu yanlış cevaplandıran öğrencilerin toplam yüzdeleri, Lise-1 için % 71 ve Lise-3 için % 68 olarak bulunmuştur.

Testin yedinci sorusunda öğrencilerden, soruda verilen molekül içi bağları ve moleküller arası kuvvetleri, kuvvetlilik yönünden karşılaştırmaları istenmektedir. İyonik bağlanmanın en kuvvetli bağlanma olduğu, kovalent bağın ikinci en kuvvetli bağ olduğu, daha sonra sırasıyla hidrojen bağının ve van der Waals bağının olduğu sıralamayı içeren “c” seçeneği, bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin yüzdelerine bakıldığında, Lise-1 için % 33 ve Lise-3 için % 43 olduğu tespit edilmiştir. Hidrojen bağlarının en kuvvetli bağ olduğu, iyonik bağın ikinci en kuvvetli bağ olduğu, kovalent bağların kuvvetinin bunlardan daha düşük olduğu ve en zayıf olanının ise van der Waals bağları olduğu sıralamasını içeren ve yanlış olan “a” seçeneğinin, Lise-1 öğrencilerinin % 23’ü ve Lise-3 öğrencilerinin % 25’i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. Verilen bağlar, kuvvetlerine göre sıralandığında, bu sıralamanın en kuvvetliden zayıfa doğru; kovalent bağ, iyonik bağ, hidrojen bağı ve van der Waals bağı şeklinde olacağını ifade eden ve yanlış olan “b” seçeneği, Lise-1 öğrencilerinin % 16’ sı ve Lise-3 öğrencilerinin % 13’ü tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. İyonik bağın en kuvvetli bağ olduğu, kovalent bağın ikinci en kuvvetli bağ olduğu, van der Waals bağının kuvvetinin bunlardan daha düşük olduğu ve en zayıf olanının ise hidrojen bağı olduğu sıralamasını içeren ve yanlış olan “d” seçeneğinin ise, Lise-1 öğrencilerinin % 25’i ve Lise-3 öğrencilerinin % 16’sı tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği belirlenmiştir. Bu soruyu yanlış cevaplandıran

öğrencilerin toplam yüzdeleri, Lise-1 için % 64 ve Lise-3 için % 54 olarak bulunmuştur.

Testin sekizinci sorusunda öğrencilere atom numaraları ile birlikte üç atom verilmiş ve bu atomların oluşturacağı bileşiği ve aralarındaki bağlanmanın türünü doğru olarak içeren seçenek sorulmuştur. Bu soruyu doğru olarak cevaplayabilecek öğrencilerin, bağ türlerinin özelliklerini ve bu bağ türlerinin hangi özelliklere sahip atomlar arasında gerçekleştiğini bilmeleri gerekmektedir. Bu sorunun doğru cevabı; $_{12}X$ atomu ile $_{17}Z$ atomu arasında oluşan bileşiğin XZ_2 olduğu ve atomlar arasında oluşan bağın ise iyonik bağ olduğu bilgilerini içeren “b” seçeneğidir. Doğru ilişkilendirmeyi içeren bu seçeneğin öğrenciler tarafından doğru cevap olarak seçilme yüzdelerine bakıldığında, Lise-1 için % 31 ve Lise-3 için % 42 olduğu ortaya çıkmıştır. $_{16}Y$ atomu ile $_{17}Z$ atomunun oluşturduğu bileşiğin XZ_2 olduğu ve bu molekülde atomlar arasındaki bağlanma türünün iyonik bağ olduğu yanlış önermesini içeren “d” seçeneğinin ise, Lise-1 öğrencilerinin % 20’si ve Lise-3 öğrencilerinin % 11’i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin bu soru için doğru cevap olarak düşündükleri diğer seçenekler ise onların diğer bağ türleri ile ilgili yanlış kavramlarına işaret etmektedir. Bu soruyu yanlış cevaplandıran öğrencilerin toplam yüzdeleri, Lise-1 için % 66 ve Lise-3 için % 53 olarak bulunmuştur.

Tartışma ve Sonuç

Kimyasal bağlar konusunda geliştirilen testin iyonik bağa ilişkin sorularına verilen öğrenci cevapları, öğrencilerin iyonik bağ konusu içerisindeki birçok kavram ve teori ile ilgili bazı kavram yanlışlarına sahip olduklarını göstermiştir. İki farklı öğrenim seviyesi bu açılardan karşılaştırıldığında ise öğrenim seviyesi arttıkça yanlış kavramalara veya yüzeysel anlamalara sahip olan öğrencilerin sayısında azalma olduğu gözlenmektedir. Bu bölümde, ortaya çıkan her bir yanlış ayrı ayrı irdelenmiş ve bu yanlışların nedenleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Geliştirilen çoktan seçmeli testte yer alan sorulara verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin sahip oldukları en önemli yanlışın, iyonik ve kovalent bağı

birbirine karıştırmaları olduğu ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin testteki 2, 3, 4 ve 5. sorulara verdikleri cevaplar, bu kavram yanlışlığının öğrencilerdeki varlığına açıkça işaret etmektedir. İkinci soruda iyonik bağda elektronların atomlar arasında paylaştığı, üçüncü soruda iyonik bağın ametaller arasında gerçekleştiği, dördüncü soruda su molekülleri arasındaki bağın iyonik bağ olduğu ve beşinci soruda atomlardan birinin elektron kaybettiği ve diğerinin ise kazandığı zaman oluşan bağın kovalent bağ olduğu ifadelerini doğru cevap olarak seçen öğrencilerin böyle bir yanlış kavramaya sahip oldukları açıktır. Öğrencilerin sahip oldukları bu yanlışlığın temel sebebi, bu iki kavramı birbiri ile karıştırmaları olabilir. Her bir soruda bu yanlışlığa dair seçenekleri işaretleyen öğrenci yüzdelerinin birbirine çok yakın olması, bu yargıyı desteklemektedir. Öğrencilerin bu iki kavramı birbirine karıştırdıkları sonucu Nicoll (2001), Tan ve Treagust (1999), Boo (1998) ve Taber (1997) tarafından yapılan çalışmalarda da ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca öğrencilerin öğrendikleri kavramları birbirine karıştırdığı sonucu, Sökmen ve diğ. (2000) tarafından kimyanın temel kavramları ile ilgili yapılan çalışmada da ifade edilmektedir. Programların yoğunluğu ve bu nedenle öğretmenlerin konuları yüzeysel işlemek zorunda kalmaları ve birçok soyut kavramı içeren iyonik bağ konusu içerisindeki kavramların öğrenciler tarafından bilimsel olarak yapılandırılmaması, bu yanlışlığın bir nedeni olarak düşünülebilir.

Çalışmada iyonik bağ ve yapı ile ilgili öğrencilerin sahip oldukları belirlenen diğer bir yanlış da iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında hangi halde bulunduğu ile ilgilidir. Tablo 1' den görüldüğü gibi iyonik bileşiklerin doğada genellikle hangi halde buldukları ile ilgili bu soruya doğru cevap veren öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında, Lise-1 düzeyindeki öğrencilerin Lise-3 düzeyindeki öğrencilere göre daha başarılı oldukları görülmektedir. Bu soru, her iki sınıf düzeyinde de örnekleme oluşturan öğrencilerin hemen hemen yarısı tarafından yanlış cevaplanmış veya boş bırakılmıştır. Bu soruya verilen cevaplar, öğrencilerin iyonik yapıli bileşiklerin hangi halde bulduklarına dair bazı yanlış kavramalara sahip olduklarını göstermiştir. Bunlardan bir tanesi, iyonik bileşiklerin sıvı olduğu yanlışlığıdır.

Öğrencilerin böyle bir yanlış kavramaya sahip olmaları, iyonik bileşikler için yanlış örnekleri düşünmelerinden kaynaklanmış olabilir. Daha önce de bahsedildiği gibi öğrencilerin bazıları iyonik ve kovalent bağı birbirine karıştırmaktadırlar. Bu nedenle, iyonik bağı kovalent bağ ile karıştıran öğrenciler, kovalent bağıli bileşik örneklerini düşünerek iyonik bileşiklerin genellikle sıvı olacağı şeklinde bir çıkarsama yapmış olabilirler. Çünkü bu düzeydeki öğrencilerin akıllarına gelebilecek en olası kovalent bileşikler; su, hidroklorik asit ve hidrojen florür gibi bileşiklerdir. Aslında hidrojen klorür ve hidrojen florür gaz halinde olsa da günlük yaşamında genellikle onların sulu çözeltileri ile karşılaşan öğrencilerin onları sıvı gibi düşünmesi olağandır. Öğrencilerin böyle bir yanlış kavramaya sahip olmalarının diğer bir nedeni de hidrojeni metal olarak düşünmeleridir. Öğrencilerin bazıları, periyodik cetvelin 1A grubunda bulunması nedeniyle H atomunun metal olduğu inancındadırlar. Bu nedenle öğrenciler, örneğin su molekülünü metal ile ametall atomu arasında oluşan bir bileşik olması nedeniyle iyonik bileşik olarak tanımlayabilir ve bunu düşünerek soruya bu şekilde bir cevap vermiş olabilirler. Bu yanlış kavrama Ünal (2002) tarafından yapılan çalışmada da ortaya çıkarılmıştır. Bu soru için öğrencilerin sahip oldukları diğer bir yanlış kavrama da iyonik bileşiklerin gaz olduğu düşüncesidir. İyonik bileşikleri sıvı halde düşünen öğrenciler için yapılan yorumlar, bu yanlış kavramaya sahip öğrenciler için de yapılabilir. Benzer şekilde bu öğrencilerin de iyonik bileşikler için yanlış örnekleri düşünmüş olmaları büyük olasılıktır.

Öğrencilerin iyonik bağlanma ile ilgili sahip oldukları bir diğer yanlış, bağlanma esnasında elektronların kaybolduğu düşüncesidir. Bu yanlış kavrama, öğrencilerin bağlanma gerçekleşikten sonra artık atomların ayrı ayrı var olmadığını, yeni bir molekülün oluştuğunu düşünmelerinden ortaya çıkmış olabilir. “Bağlanma esnasında elektronların bölündüğü” ifadesi, 2. sorunun cevap seçenekleri arasında yer alan ve iyonik bağ için yanlış açıklama içeren diğer bir önermedir. Bu ifadenin yer aldığı seçenek, Lise-1 öğrencilerinin % 19'u ve Lise-3 öğrencilerinin % 25'i tarafından doğru olarak düşünülmüştür. Bağlanmanın yalnızca atomlardan birinin elektronunun iki atom arasında bölünmesi

şeklinde gerçekleştiği yanlışlığı Ünal (2002) ve Boo (1998) tarafından da öğrencilerde belirlenmiş bir yanılıdır. Bu düşünce, öğrencilerin, bağlanmanın mikroskobik yapısı ile ilgili anlamalarının zayıf olmasından kaynaklanabilir. Çünkü öğrencilerin bazıları her ne kadar bağlanmanın tanımını doğru yapabilseler de mikroskobik boyutta bağlanma ile ilgili daha ileri bilgilere sahip değildirler. Bu bulgular, öğrencilerin, bağlanmanın mikroskobik yapısı ile ilgili yanlış kavramalara sahip olduğunu ifade eden Nicoll (2001)'ün bulgularıyla da benzerlik göstermektedir.

Öğrencilerin iyonik bağla ilgili sahip oldukları diğer bir yanlışlık da iyonik bağ metalik bağla karıştırılmalarıdır. İyonik bağın hangi tür atomlar arasında gerçekleştiğinin sorulduğu 3. soruda, Tablo 1' den görüldüğü gibi "iyonik bağın metal atomları arasında gerçekleştiği" ifadesini içeren ve yanlış olan seçenek Lise-1 öğrencilerinin %13'ü ve Lise-3 öğrencilerinin %10'u tarafından doğru cevap olarak seçilmiştir. Soru kökünde verilen iyonik bağ tanımının hangi bağ için doğru olduğunun sorulduğu testin 5. sorusunda, verilen tanımın metalik bağa ait olduğunu düşünen öğrencilerin oranı ise Lise-1 için %11 ve Lise-3 için %7 olarak belirlenmiştir. Öğrencilerin böyle bir yanlışlığa düşmesinin sebebi, iyonik bağın çok kuvvetli bir bağ olduğunu düşünerek günlük hayatta karşılaştıkları sert yapıdaki demir, alüminyum, bakır gibi maddelerin atomları arasında bu tür bir bağın gerçekleşeceğini düşünmeleri olabilir.

Örnekleme oluşturan her iki seviyedeki öğrencilerin bazıları, iyonik bağın kuvveti ile ilgili yanlış kavramalara sahiptirler. Testin yedinci sorusunda öğrencilerden, molekül içi kuvvetler ile moleküller arası kuvvetleri hem birbirleri ile hem de kendi aralarında kuvvetleri yönünden karşılaştırmaları istenmektedir. Test maddesinin soru kökü içerisinde öğrencilere, kuvvetlerine göre bağ türlerini büyükten küçüğe sıralamaları istenmiştir. Tablo 1' den görüldüğü gibi bu soru Lise-1 öğrencilerinin %33'ü ve Lise-3 öğrencilerinin %43'ü tarafından doğru cevaplanmıştır. Buradan anlaşılacağı gibi, her iki seviyedeki öğrencilerinde yarısından fazlası, iyonik bağın en kuvvetli bağ olduğunu bilmemektedir. Her iki seviyedeki öğrencilerin hemen hemen dörtte biri (Lise-1 ve Lise-3

için sırasıyla %25 ve %23) iyonik bağın hidrojen bağından daha zayıf olduğunu düşünmektedir. Ayrıca Lise-1 öğrencilerinin %16'sı ve Lise-3 öğrencilerinin %13'ü kovalent bağın iyonik bağdan daha kuvvetli olduğunu düşünmektedir. Bu soruya verilen öğrenci cevapları, diğer bağ türlerinin kuvvetleri ile ilgili birçok yanlışlığının varlığına da işaret etmektedir.

Çalışmada öğrencilerin kavram yanlışlıklarına sahip oldukları tespit edilen bir diğer alan, iyonik yapı bileşiklerin en bilineni olan tuzun örgü yapısı ile ilgili anlamalarıdır. Geliştirilen testte yer alan altıncı soru, bu alanla ilgili yanlışlıkları ortaya çıkarmak için hazırlanmıştır. Bu soruya verilen cevaplar incelendiğinde, öğrencilerin (Lise-1 ve Lise-3) dörtte üçünün bu alanla ilgili yanlış kavramalara sahip oldukları anlaşılmaktadır. Her iki seviyedeki öğrencilerin yaklaşık üçte biri, sodyum klorürü tek bir klor ve tek bir sodyum atomunun birleşmesinden oluşan basit bir molekül olarak düşünmektedir. Bu yanlış anlamayla benzer diğer bir yanlışlık da her iki seviyedeki öğrencilerin beşte birinin sahip olduğu bir yanlışlıktır. Bu yanlışlığa sahip öğrencilere göre, NaCl'nin iki boyutlu yapısını gösteren şekilde her bir sodyum atomu yalnızca bir klor atomuna ve aynı şekilde her bir klor atomu da bir sodyum atomuna iyonik bağlıdır. Sodyum veya klor atomlarının etraflarındaki diğer atomlarla yaptıkları bağlar ise moleküller arası kuvvetlerdir. Bu yanlışlıklara benzer olarak tuzun yapısı ile ilgili sekizinci soruya verilen cevapların ortaya çıkardığı bir diğer yanlışlık da verilen diyagramda hangi sodyum atomunun hangi klor atomuna elektron verdiğini bilmeden, onlar arasındaki bağın iyonik bağ olup olmadığının belirlenemeyeceği düşüncesidir. Bu soruya verilen öğrenci cevapları, onların iyonik bağla ilgili oldukça yüzeysel bilgilere sahip olduğunu, iyonik bağın ve iyonik bileşiklerin mikroskobik yapıları ile ilgili derinlemesine anlamalara sahip olmadıklarını göstermiştir. Öğrencilerin örgü yapılarına dair yanlış kavramalara sahip oldukları Tan ve Treagust (1999), Peterson ve Treagust (1989) ve Taber (1997)'in çalışmalarında da ortaya çıkan bir sonuçtur. Öğrencilerin böyle bir yanlış kavramaya sahip olması onların; tuzu (NaCl) formal öğretim sırasında görmüş oldukları diğer birçok bileşik gibi basit yapıdaki bir bileşik olarak düşünmelerinden kaynaklanmıştır.

olabilir. Genellikle bir molekülün iki veya üç atomu içerdiğini düşünen öğrenci, sodyum klorürdeki ve diğer iyonik bileşiklerdeki örgü yapısına bir anlam verememiş olabilir. Ayrıca öğrenciler molekül denildiğinde, o molekülün formülünü akıllarına getirmekte ve formülüne bakarak onun yapısı hakkında yüzeysel kararlar verebilmektedir. Formülünde yalnızca bir tek sodyum ve klor atomunu gören öğrenciler, molekülün yapısının da bu şekilde oluşacağını düşünmektedirler.

Öğrencilerin birçok soyut kavramı içeren “İyonik Bağ” konusunu anlamakta güçlük çektikleri açıktır. Bu nedenle öğretmenler, bu konunun içerisindeki soyut kavramların öğretimi esnasında model veya simülasyonları kullanarak bu kavramları somutlaştırmalıdır. Ayrıca öğretmenler bunu yaparken, mikroskobik ve makroskobik özellikler arasındaki geçişleri iyi vurgulamalıdır. Bu şekilde öğrencilerin iyonik bağın mikroskobik yapısına dair zihinsel algılamalarının gelişimi ve daha az yanlış kavramlara sahip olmaları sağlanabilir. Öğrenciler iyonik bağ ile ilgili birçok kavram yanlışlığına ve zayıf anlamalara sahip olduklarından, bu kavram yanlışlıklarını düzeltici etkinlikleri içeren ve konuları etkili bir biçimde öğrenciye kavratmayı amaçlayan rehber materyaller geliştirilmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Ayas, A. (1995) “Lise-I Kimya Öğrencilerinin Maddenin Tanecikli Yapısı Kavramını Anlama Seviyelerine İlişkin Bir Çalışma”, *II. Ulusal Fen Bilimleri Sempozyumu*, Ankara: ODTÜ.
- Ayas, A. and Demirbaş, A. (1997) “Turkish Secondary Students' Conception of Introductory Chemistry Concepts”, *Journal of Chemical Education*, Vol. 74, No. 5: 518-521.
- Ayas, A. and Coştu, B. (2001) “Lise-I Öğrencilerinin Buharlaşma, Yoğunlaşma ve Kaynama Kavramlarını Anlama Seviyeleri”, *Yeni Binyılın Başında Fen Bilgisi Eğitimi Sempozyumu*, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Ayas, A., Coştu, B., Çalık, M., Ünal, S. and Karataş, F.Ö. (2001) “Öğretmen Adaylarının Çözelti Hazırlama ve Laboratuvar Malzemelerini Kullanma Yeterliliklerinin Belirlenmesi”, *XV. Ulusal Kimya Kongresi*, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi.
- Bodner, G.M. (1990) “Why Good Teaching Fails and Hard-working Students Do Not Always Succeed?”, *Spectrum*, Vol. 28, No. 1: 27-32.
- Boo, H. K. (1998) “Students' Understanding of Chemical Bonding and Energetics of Chemical Reactions”, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 35, No. 5: 569-581
- Coll, R. K. and Treagust, D. F. (2001) “Learners' Use of Analogy and Alternative Conceptions for Chemical Bonding”, *Australian Science Teachers Journal*, Vol. 48, No. 1: 24-32.
- Colletta, A.T., Chiappetta, E.L. (1989) *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*, Toronto: Merrill Publishing Company.
- Coştu, B. (2002) *Ortaöğretimin Farklı Seviyelerindeki Öğrencilerin Buharlaşma, Yoğunlaşma ve Kaynama Kavramlarını Anlama Düzeylerine İlişkin Bir Çalışma*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ebenezer, J.V. and Erickson, L.G. (1996) “Chemistry Students' Conception of Solubility: A Phenomenography”, *Science Education*, Vol. 80, No. 2: 181-201.
- Hand, B. and Treagust, D.F. (1991) “Student Achievement and Science Curriculum Development Using a Constructive Framework”, *School Science and Mathematics*, Vol. 91, No. 4: 172-176.
- Garnett, P.J., Garnett, P.J and Hackling M.W (1995) “Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implication for Teaching and Learning”, *Studies in Science Education*, Vol. 25, 69-95.
- Griffiths, A.K. (1994) “A Critical Analysis and Synthesis of Research on Chemistry Misconceptions”, in Schmidt *H-J Proceedings of the 1994 International Symposium Problem Solving and Misconceptions in Chemistry and Physics*, ICASE Publications 70-99.
- Griffiths, A.K. and Preston, K.R. (1999) “Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules”, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, No. 6: 2611-2628.
- Millî Eğitim Bakanlığı Tebliğler Dergisi (1992) *Kimya 1, 2, 3 Müfredatı*, Sayı: 2359: 309-311.
- Nakhleh, M.B (1992) “Why Some Students Don't Learn Chemistry”, *Journal of Chemical Education*, Vol. 69, No. 3: 191-196.
- Nicoll, G. A. (2001) “Report of Undergraduates' Bonding Misconception”, *International Journal of Science Education*, Vol. 23, No. 7: 707-730.
- Osborne, R. and Freyberg, P. (1996) *Learning in Science the Implications of Children's Science*, Heinemann Education.
- Peterson, R.F. and Treagust, D.F. (1989) “Grade-12 Students' Misconceptions of Covalent Bonding and Structure”, *Journal of Chemical Education*, Vol. 66, No. 6: 459-460.

- Sökmen, N., Bayram, H. and Gürdal A. (2000) "8. ve 9. Sınıf Öğrencilerinin Fen Eğitiminde Yaşadığı Kavram Kargaşası", *Milli Eğitim Dergisi*, Sayı 146: 74-77.
- Taber, K.S. (1997) "Student Understanding of Ionic Bonding: Molecular Versus Electrostatic Framework", *School Science Review*, Vol. 78, No. 285: 85-95.
- Tan, K.D. and Treagust, D.F., Evaluating Students' Understanding of Chemical Bonding, *School Science Review*, 81, 294, (1999) 75-84.
- Ünal, S. (2002). *Lise-1 ve Lise-3 Sınıf Öğrencilerinin Kimyasal Bağlar Konusundaki Kavramları Anlama Seviyelerinin Karşılaştırılması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ward, R.C. and Herron, J.D. (1980) "Helping Students Understand Formal Chemical Concepts", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 17, No. 5: 387 – 400.
- Zoller, U. (1990), "Students' Misunderstandings and Misconceptions in College Freshman Chemistry (General and Organic)", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 27, No. 10: 1053-1065.

Geliş	2 Haziran 2003
İnceleme	13 Ekim 2003
Düzeltilme	10 Mayıs 2006
Kabul	13 Haziran 2006