

## High School Chemistry Students' and Prospective Chemistry Teachers' Misconceptions about Ionic Bonding

Doğan DOĞAN

*Abant İzzet Baysal University, Faculty of Education*

Bayram DEMİRCİ

*Inönü University, Faculty of Education*

### Abstract

*Developing a sound understanding about the concept of ionic bond is fundamental to subsequent learning of various other topics related to this concept in chemistry. Any misconception that students harbour about these concepts will impede their further learning. The purpose of this study is to determine misconceptions held by high school chemistry students and prospective chemistry teachers about ionic bonding and to reveal that what kind of differences and similarities these misconceptions show according to the educational level, and to present suggestions in the light of the findings obtained from the research. With this aim, a two tier true-false diagnostic test is prepared making use of the literature and administered to a random sample of total of 120 students attending 1st, 2nd and 3rd class of a regular high school in Malatya and 24 prospective chemistry teachers in the last year of their teacher education in a university in Turkey. It was determined from the analysis of the results that high school students held similar misconceptions at all educational levels, and surprisingly prospective chemistry teachers also held many misconceptions related to ionic bond concept. Besides, it was seen that most of these misconceptions were same or similar as to those held by high school students. Based on these results, some suggestions were made about teaching the concept of ionic bonding at secondary and undergraduate education level.*

**Keywords:** *Misconceptions, ionic bonding, high school students, prospective chemistry teachers*

### SUMMARY

Recent research studies showed that high school students, prospective chemistry teachers and even high school chemistry teachers have misunderstandings about some scientific abstract concepts in chemistry (Lin et al., 2000; Nakiboğlu, 2003; Çalik and Ayas, 2005). These misunderstandings in the literature are also referred to as misconceptions (Driver and Easley, 1978), alternative conceptions (Hewson, 1981), non-scientific beliefs (McCloskey, 1983), children's science (Osborne et al., 1983). In this research, different ideas or meanings from the currently accepted scientific meaning of the ionic bond concept are described by "misconception" term.

Meaningful learning is intended to achieve in all of the proposed teaching-learning methods in science and chemistry education (Canpolat et al., 2004). However,

misconceptions hinder meaningful learning by preventing right grasp of the meaning of new knowledge learned (Azizoğlu et al., 2006). Different research findings indicate that many of the teachers themselves uphold strong misconceptions, and they then pass them on to their students (Chang, 1999; Özmen et al., 2002). Therefore, it is important that prospective chemistry teachers have sound understanding about these concepts during their undergraduate education before they will be able to help their students construct knowledge of scientific chemical concepts.

Ionic bond concept is an abstract chemistry concept that teachers and students have difficulties in teaching and understanding its scientific meaning. To develop a sound understanding about the scientific meaning of this concept is fundamental to subsequent learning of various other topics in chemistry, including chemical equilibrium, molecular structure, and chemical reactions. Students usually learn this concept in their chemistry classrooms by using models or model chemical compounds such as NaCl. Research studies showed that students and interestingly some teachers do not have enough knowledge about the nature and limitations of chemical models, and tend to build themselves alternative conceptions (Levy-Nahum et al., 2004; Harrison and Treagust, 1998; Van Driel and Verloop, 1999). It is very important that students realize that no model is entirely correct and that they understand that science is more about thinking than just describing objects (Harrison and Treagust, 1998).

#### *Purpose of the Study*

The purpose of this study is to determine misconceptions hold by high school students and prospective chemistry teachers about ionic bonding using on a two-dimensional model of an ionic lattice, namely NaCl compound. To this end, a two-tier diagnostic true-false instrument is developed and administered to both study groups.

### METHOD

The sample of this descriptive study consists of a total of 120 students attending first, second and third class of a regular high school in Malatya and 24 prospective chemistry teachers in the last year of their teacher education in a university in Turkey. Students of grade 8th in middle schools are not included in the study because ionic bond concept is superficially mentioned in this grade.

Data were collected using a 20-items two-tier diagnostic true-false ionic bond instrument developed by the researchers making use of available literature. The second tier elicited a reasoning response that had to be chosen from two (true or false) responses given to the first tier. The reliability analysis of the instrument was conducted and KR-20 value was found to be 0.78. Data obtained from each tier of the questions were coded by the two researchers separately, and consistency of coding were calculated using the formula given by Huck and Cornier (1996) and it was found to be 0.89 (% 89), indicating a high internal consistency. The results are presented in tables.

## FINDINGS & RESULTS

The results of study showed that both high school students and prospective chemistry teachers hold similar misconceptions in ionic bonding. 78% of 1st and 2nd class high school students were of the opinion that a sodium ion is only bonded to the chloride ion it donated its electron and 81% of 2nd and 77% 3rd class students accepted that sodium chloride is a molecule and that it contains one sodium ion and one chloride ion. 66% of 3rd class students were of the opinion that a chloride ion is attracted to one sodium ion by a bond and is attracted to other sodium ions just by forces. Equally, 85% of prospective chemistry teachers agreed, that a sodium ion is attracted to one chloride ion by a bond and is attracted to three other chloride ions just by forces. Although, only 78% of 1st class students expressed that a sodium atom can only form one ionic bond, because it has only one electron in its outer shell to donate, 86% of the prospective chemistry teachers supported this idea astonishingly. These results parallel existing literature. However, we also determined some new misconceptions in ionic bonding that might be the first ones in the literature. For example, 11% of 2nd class students were of the opinion that a negative ion can be bonded covalently to any neighbouring positive ion, if it is close enough, and 45% of the prospective chemistry teachers stated that a negative ion is attracted to the strongest positive ion by a bond and is attracted to other positive ions just by forces.

## DISCUSSIONS & CONCLUSIONS

This study indicated that both high school students and prospective chemistry teachers confused ionic bonding with electron transfer and accepted that electron transfer is the same as the concept of ionic bonding. This means that it is not appropriate to focus on electron transfer to explain ionic bonding. It was also observed that some students and teacher candidates consider sodium chloride to be molecular, suggesting that covalent bonds were present between sodium and chlorine. Taber (1994) suggests that students acquire this idea because they do not "share the framework of electrostatics knowledge", and because they are taught about the formation of ionic bonds in a way which promotes the molecular model. Taber also notes that, students combine ion formation with the very plausible octet rule. He remarks that students tend to strongly generalize the octet rule (Barke, 2009) and this lead to development of misconceptions. Therefore, explaining this concept in terms of electrical forces is recommended during the teaching activities.

Students and prospective teachers are confronted with a correct two-dimensional model of NaCl ionic lattice in the instrument, but they showed basic misconceptions regarding ionic bonding because they thought that a positive sodium and a negative chloride ion are connected through ionic bonding, and only weak attraction exists to the other ions in the ionic lattice. These misconceptions are also identified in the studies of Butts and Smith (1987) and Taber (2002). The results indicate that using a two-dimensional model of an ionic lattice is not eligible in preventing misconceptions to

occur. Being aware of nature and limitations of the model compounds and using their three-dimensional structures may be helpful in a true construction of this abstract scientific concept. In addition, different approaches can be tested as Hofstein et al.(2009), and Mendonça and Justi (2011) did in their studies to enhance student's understanding of the concept of ionic bonding.

## Lise Öğrencileri ve Kimya Öğretmen Adaylarının İyonik Bağ Kavramına İlişkin Yanılgıları

Doğan DOĞAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

Bayram DEMİRCİ

İnönü Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

### Özet

*İyonik bağ kavramının doğru anlaşılması, kimyada bu kavramla ilişkili çeşitli diğer konuları öğrenmede önemlidir. Öğrencilerin bu kavramla ilgili taşıdıkları herhangi bir kavram yanılgısı sonraki öğrenmelerini olumsuz etkileyecektir. Bu araştırmanın amacı, lise öğrencilerinin ve kimya öğretmen adaylarının iyonik bağ kavramına ilişkin yanılgılarını saptamak ve bu yanılgıların öğrenim düzeylerine göre ne gibi farklılıklar ve benzerlikler gösterdiğini ortaya çıkararak elde edilen bulgular doğrultusunda öneriler geliştirmektir. Bu amaçla, hazırlanan iki aşamalı bir Doğru-Yanlış Tanı Testi Malatya'daki bir düz lisenin 1., 2. ve 3. sınıflarına devam eden toplam 120 öğrenciye ve bir üniversitenin 24 kimya öğretmenliği son sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Araştırma sonucu elde edilen bulguların analizinden, lise öğrencilerinin hemen her düzeyde benzer yanılgılara sahip olduğu ve şaşırtıcı bir şekilde kimya öğretmeni adaylarının da çok sayıda yanılgıya sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu yanılgıların birçoğunun lise öğrencilerinde tespit edilen yanılgılarla aynı veya onlarla benzer olduğu da görülmüştür. Bu sonuçlara dayalı olarak iyonik bağ kavramının ortaöğretimde ve lisans düzeyinde öğretimine ilişkin bazı önerilerde bulunulmuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** Kavram yanılgıları, iyonik bağ, lise öğrencileri, kimya öğretmen adayları

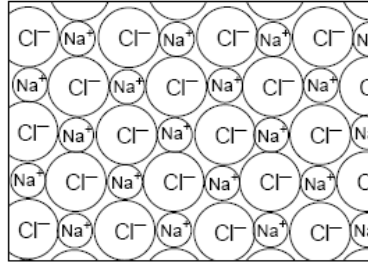
Son yıllarda yurt içi ve yurt dışında yapılan çalışmalarda, bilimsel soyut kavramların anlaşılma düzeyleri ve bu kavramlara ilişkin sahip olunan yanılgılar üzerinde odaklanıldığı görülmektedir. Bu araştırmaların sonuçları; öğrencilerin, öğretmen adaylarının ve hatta kimya öğretmenlerinin kimya konularına ilişkin bazı temel kavramları kabul edilebilir bilimsel anlamlarından farklı olarak yorumladıklarını ortaya koymaktadır (Lin ve ark., 2000; Nakiboğlu, 2003; Çalik ve Ayas, 2005). Bilimsel olay ve kavramları yorumlamadaki bu farklılıkların değişik araştırmalarda kavram yanılgıları (Driver ve Easley, 1978), alternatif kavramlar (Hewson, 1981), bilimsel olmayan inançlar (McCloskey, 1983), çocuk bilimi (Osborne ve ark., 1983) gibi değişik terimlerle adlandırıldıklarına rastlanılmaktadır. Kullanılan bu ifadeler; Abimbola'ya göre (1988) yazarın bilime, Duit ve Treaquist'a göre (1995) ise bilginin doğasına ilişkin bakış açısına bağlıdır. Örneğin Abimbola, öğrencilerin fikirlerini ve bu fikirlerin örgütlenmesi için kullanılan alternatif çerçeveleri tanımlamak üzere alternatif kavramlar ifadesini kullanmayı tercih ederken, Gilbert ve Watts (1983) alternatif çerçeveler terimini, öğrenciler tarafından verilerin tematik yorumu olarak kullanmayı tercih

etmektedir. Bu araştırmada, bilimsel bir kavram olan iyonik bağ kavramına ilişkin oluşturulmuş olan ve kimya eğitim bilimcileri tarafından kabul gören anlamından farklılık gösteren yorum ve düşünceleri tanımlamak amacıyla “kavram yanılgısı” terimi kullanılacaktır.

Fen ve kimya eğitiminde önerilen öğretme-öğrenme yöntemlerinin hepsinde anlamlı öğrenmenin gerçekleştirilmesi amaçlanır (Canpolat ve ark., 2004). Eğitim öğretim sürecinde geleneksel öğretim yöntemlerinin aksine, öğrencinin aktif olması gerektiğini savunan yapılandırmacı öğrenme kuramına göre anlamlı öğrenme, öğretmen tarafından sunulan bilgiyi öğrenenin mevcut bilgi yapısı ile ilişkilendirebilmesi durumunda gerçekleşebilir. Ancak öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgıları, yeni öğrenilen bilgilerin bilimsel anlamlarıyla kavranılmasını engelleyerek, kavramların zayıf ya da yanlış öğrenilmesine neden olmaktadır (Azizoğlu ve ark., 2006). Öğrencilerin kavramları bilimsel anlamlarıyla anlamaları, her şeyden önce sınıfta öğretimi düzenleyecek olan öğretmenin lisans öğrenimi sırasında bu kavramı kendi zihninde doğru bir biçimde yapılandırmış olmasına bağlıdır. Farklı araştırma bulguları, öğretmenlerin sahip oldukları kavram yanılgılarını farkında olmadan kendi öğrencilerine de aktardıklarını göstermektedir (Chang, 1999; Özmen ve ark., 2002). Bu nedenle yetişmekte olan öğretmen adaylarının sahip olması olası kavram yanılgılarının tespiti, lisans eğitiminin buna göre yeniden düzenlenmesi açısından önem taşımaktadır. Öte yandan sınıfta öğretime geçmeden ve öğretim sonrasında öğrencilerin sahip olduğu kavram yanılgılarının belirlenmesi, kimya dersi gibi konuları arasında aşamalık ilişkisi bulunan derslerin öğrencilere doğru kavratılması açısından önemlidir.

İyonik bağ kavramı, öğretmenlerin doğru kavratmakta öğrencilerin ise anlamakta zorluk çektikleri oldukça soyut nitelik taşıyan kimyasal kavramlardan biridir. Bu kavramı öğrenciler genellikle çeşitli modeller ve model bileşikler (NaCl modeli gibi) vasıtasıyla öğrenmektedirler. Levy Nahum ve arkadaşları (2004), kimyasal yapı ve bağlanma konusunda öğrencilerin sahip oldukları öğrenme zorlukları ve yanılgıların en önemli nedenlerinden biri olarak dersin işleniş sırasında kullanılan kimyasal modellerin öğrenciler tarafından doğru anlaşılabilmesi olduğunu ifade etmişlerdir. Harrison ve Treagust (1998) ise, öğrencilerin modeller konusunda yüzeysel anlamalara sahip oldukları ve modelleri gerçek nesnelere tamamlanmamış küçük kopyaları olarak algıladıkları ve bu nedenle modelin gerisinde yatan fikirleri ve amaçları sorgulamadıklarını vurgulamışlardır. Öte yandan bazı öğretmenlerin, bilimsel modelleri gözlenemeyen olgu ve olayları yansıtan gerçek resimler olarak algılaması ilginç bulunmuştur. Oysa modeller, bilim insanlarının ve öğretmenlerin soyut ve zor olguları öğrencilerin anlayabilmesi için günlük terimleri kullanarak yaptıkları tanımlamalar ve benzetmelerdir. Kimya öğretmenlerinin modellerin doğası ve modelleme yerine modellerin içerikleri üzerine yoğunlaşmaları öğrencilerde çeşitli kavram yanılgılarına neden olmaktadır (Van Driel ve Verloop, 1999). İfade edilen bu görüş ve düşünceler, derslerde kullanılan modellerin veya model bileşiklerin kimyasal bağ kavramı ile ilgili değişik yanılgıların oluşmasına yol açabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, öğrencilerin hiçbir kimyasal modelin gerçeği tam olarak yansıtmadığını ve bilimin objeleri tanımlamaktan çok objeler hakkında düşünme ile ilgili olduğunu anlamaları, kavram yanılgısı oluşumunun engellenebilmesi açısından son derece önemlidir.

Literatür tarandığında kavram yanlışlarının belirlenmesi ile ilgili çok sayıda yöntemin geliştirilmiş olduğu görülmektedir. Bire-bir yapılan kliniksel görüşmeler, yarı yapılandırılmış görüşmeler, açık uçlu sondaj soruları, çoktan seçmeli tanı testleri, kavram haritaları ve öğrenci çizimleri bu yöntem ve teknikler arasında en çok kullanılanlardır (Coll ve Treagust (2001b)). Kavram yanlışlarını belirlemek üzere yapılan araştırmaların geçerlik ve güvenilirliğini arttırmada mümkün olan istatistiksel hesaplamaların yanında, veri analizinde araştırmacı çeşitlenmesine gidilmesi, sonuçlar rapor edilirken bulguların bir bölümünün orijinalliği bozulmaksızın verilmesi ve farklı araştırma tekniklerinin bir arada kullanılması özellikle tanı testleri (diagnostic tests) ile çalışılırken önerilmektedir (Kabapınar, 2003). Tanı testleri, çoktan seçmeli olarak hazırlanabileceği gibi doğru-yanlış testleri de tanı testleri şeklinde düzenlenebilir. Bu araştırmada, iyonik bağ kavramının öğretilmesinde derslerde en çok kullanılan model bileşiklerden biri olan NaCl bileşiğinin iki boyutlu örgü modeli (Şekil 1) kullanılarak hazırlanan bir doğru-yanlış tanı testi ile öğrenci ve öğretmen adaylarının iyonik bağ kavramına ilişkin sahip oldukları kavram yanlışlarının saptanması ve öğrenim düzeylerine göre ne gibi farklılıklar ve benzerlikler gösterdiğini ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu yanlışların farkına varılması, öğretmen ve öğrenci yetiştirmede alternatif öğretim yaklaşımları deneme ve geliştirme girişimlerini teşvik edebilecektir.



Şekil 1. Katı NaCl'nin iki boyutlu örgü modeli.

## YÖNTEM

Bu araştırmada, kimya öğretmen adayları ve lise öğrencilerinin iyonik bağ kavramına ilişkin sahip oldukları yanlışları ortaya çıkarmak amacıyla betimsel yöntem kullanılmıştır. İlköğretimde bu kavrama 8. sınıfta yüzeysel olarak değinildiğinden, 8. sınıf öğrencileri araştırmaya dahil edilmemiştir.

### *Veri Toplama Aracının Geliştirilmesi*

Araştırmada öğrencilerin ve öğretmen adaylarının sahip olduğu yanlışları belirlemek için iyonik bağ kavramı ile ilgili 20 sorudan oluşan Taber, (2002) tarafından hazırlanmış olan Doğru-Yanlış Testi araştırmacılar tarafından Türkçeye çevrilerek iki aşamalı bir Doğru-Yanlış Tanı Testi haline getirilmiştir. Çeviriden kaynaklanabilecek hataları gidermek ve testte yer alan maddelerin doğru bir biçimde anlaşılıp anlaşılmadıklarını belirlemek için test, konu alanında uzman iki öğretim üyesine ve üç

kimya öğretmenine verilmiş ve bu kişilerin önerileri doğrultusunda yapılan düzeltmelerden sonra, Malatya'daki bir düz lisede 35 öğrenciye pilot olarak uygulanmıştır. Pilot uygulama öncesinde bu öğrencilerden birkaçı (n=5) ile testteki soruların anlaşılabilirliği ile ilgili birebir görüşmeler yapılmıştır. Uygulama sonucunda, testteki maddelerin her iki aşaması için verilen doğru yanıtlar 1, diğer yanıtlar 0 olarak puanlanmış ve bu suretle testin KR-20 güvenilirlik katsayısı 0.78 olarak hesaplanmıştır. Böylece son şekli verilen bu test, son beş yıllık ÖSYM istatistiklerine göre ÖSS kimya testi başarı sırası açısından kendi türü olan (resmi ve gündüz öğretimi yapan) liseler arasında üst sıralarda yer alan aynı ildeki bir düz lisenin 1, 2 ve 3. sınıflarına devam eden toplam 120 öğrenciye basit rasgele örneklem seçim yöntemine göre ve bir üniversitenin kimya öğretmenliği programının son sınıfında öğrenim görmekte olan tüm öğretmen adaylarına (n=24) uygulanmıştır. Ancak geri dönen testler incelendiğinde, 20 öğrencinin verdiği yanıtlar anlamsız bulunduğundan bu öğrencilerin doldurduğu testler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Elde edilen veriler frekans ve yüzde değerlerine göre tablo haline getirilmiştir.

#### *Verilerin Analizi*

Araştırmada kullanılan testin geliştirilmesi aşamasında öğrencilerle yapılan birebir görüşmeler esnasındaki sözlü ve testin uygulanması sonrasında öğrenci ve öğretmen adaylarının testin açık uçlu sorulardan oluşan kısmına verdikleri yazılı yanıtlardan elde edilen verilerin çözümlenmesi sırasında; araştırmacının algı, kavrama ve yorum becerisinden kaynaklanabilecek yanılgıları gidermek amacıyla veriler her iki araştırmacı tarafından ayrı ayrı kodlanmıştır. İki kodlama arasındaki tutarlık Huck ve Cornier (1996) tarafından önerilen formül (iki kodlamada aynı şekilde kodlanan öğrenci yanıtı/toplam kodlama sayısı) kullanılarak 0.89 (% 89) olarak bulunmuştur. Tutarlığın yüksek oluşu analizlerin ve dolayısıyla araştırmanın iç güvenilirliği olarak kabul edilmiştir.

#### BULGULAR ve YORUM

Farklı öğrenim düzeylerindeki öğrencilerin ve kimya öğretmen adaylarının iyonik bağ kavramına ilişkin yanılgılarının tespit edilmesi ve bu yanılgıların gruplar arasında ne gibi farklılıklar ve benzerlikler gösterdiğinin ortaya çıkarılabilmesi amacıyla uygulanan İyonik Bağ Tanı Testinden elde edilen verilerin değerlendirilmesi aşamasında, testin her iki kısmına verilen cevaplar basit istatistiksel yöntemler yardımıyla analiz edilmiş ve bulgular Tablo 1 de topluca gösterilmiştir.



Tablo 1  
Kimya Öğretmen Adayları ve Lise Öğrencilerinin Teste Verdiği Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Madde No		Doğru seçenek-Doğru neden				Doğru seçenek-Yanlış neden				Yanlış seçenek-Doğru neden				Yanlış seçenek-Yanlış neden				Boş			
		L1	L2	L3	K	L1	L2	L3	K	L1	L2	L3	K	L1	L2	L3	K	L1	L2	L3	K
1	f	30	32	19	17	1	4	3	4	1	0	0	1	1	0	7	2	0	1	1	0
	%	91	87	63	71	3	11	10	17	3	0	0	4	3	0	23	8	0	3	3	0
2	f	0	0	0	1	7	6	19	9	7	0	0	1	16	29	10	10	3	2	1	3
	%	0	0	0	4	21	16	63	38	21	0	0	4	48	78	33	42	9	5	3	12
3	f	0	0	0	1	4	3	4	3	0	0	0	0	20	28	15	20	9	6	11	0
	%	0	0	0	4	12	8	13	12	0	0	0	0	61	76	50	83	27	16	37	0
4	f	1	1	1	1	1	10	2	0	0	3	2	0	26	17	16	22	5	6	9	1
	%	3	3	3	4	3	27	7	0	0	8	7	0	79	46	53	92	15	16	30	4
5	f	5	3	4	2	3	6	5	2	0	0	0	1	14	22	12	18	11	6	9	1
	%	15	8	13	8	9	16	17	8	0	0	0	4	42	60	40	75	33	16	30	4
6	f	3	0	0	2	2	0	2	1	0	0	0	3	19	30	22	13	9	7	6	5
	%	9	0	0	8	6	0	7	4	0	0	0	12	58	81	73	54	27	19	20	21
7	f	23	27	22	8	5	3	1	8	0	0	0	0	1	3	5	8	4	4	2	0
	%	70	73	73	33	15	8	3	33	0	0	0	0	3	8	17	33	12	11	7	0
8	f	17	16	18	6	5	6	1	2	0	0	0	1	1	6	3	11	10	9	8	4
	%	52	43	60	25	15	16	3	8	0	0	0	4	3	16	10	46	30	24	27	17
9	f	16	17	23	10	0	1	1	7	1	0	0	2	5	12	0	3	11	7	6	2
	%	48	46	77	42	0	3	3	29	3	0	0	8	15	32	0	12	33	19	20	8
10	f	3	3	0	3	3	2	0	2	0	1	0	0	14	10	12	17	13	21	18	2
	%	9	8	0	12	9	5	0	8	0	3	0	0	42	27	40	71	39	57	60	8

K:Kimya öğretmen adaylarını; L1:Lise 1, L2:Lise 2, L3:Lise 3. sınıf öğrencilerini göstermektedir

Tablo 2  
Kimya Öğretmen Adayları ve Lise Öğrencilerinin Teste Verdiği Yanıtlardan Elde Edilen Bulgular

Madde No		Doğru seçenek-Doğru neden				Doğru seçenek-Yanlış neden				Yanlış seçenek-Doğru neden				Yanlış seçenek-Yanlış neden				Boş			
		L1	L2	L3	K	L1	L2	L3	K	L1	L2	L3	K	L1	L2	L3	K	L1	L2	L3	K
11	f	1	2	3	2	13	2	3	6	1	0	0	0	15	25	16	15	3	8	8	1
	%	3	5	10	8	39	5	10	25	3	0	0	0	45	68	53	63	9	22	27	4
12	f	0	0	0	0	6	4	2	3	0	0	0	0	12	19	15	17	15	14	13	4
	%	0	0	0	0	18	11	7	12	0	0	0	0	36	51	50	71	45	38	43	17
13	f	2	0	1	1	11	11	9	11	0	0	0	2	5	16	11	6	15	10	9	4
	%	6	0	3	4	33	30	30	46	0	0	0	8	15	43	37	25	45	27	30	17
14	f	6	3	2	10	4	8	4	10	3	5	1	0	10	10	14	1	10	11	9	3
	%	18	8	7	42	12	22	13	42	9	14	3	0	30	27	47	4	30	30	30	12
15	f	20	22	22	9	4	0	3	3	0	1	0	0	2	4	0	10	7	10	5	2
	%	61	60	73	38	12	0	10	12	0	3	0	0	6	11	0	42	21	27	17	8
16	f	2	0	0	1	2	5	3	3	0	0	0	0	16	13	15	16	13	19	12	4
	%	6	0	0	4	6	14	10	12	0	0	0	0	48	35	50	67	39	51	40	17
17	f	9	4	4	8	5	3	7	6	0	0	0	1	9	14	11	5	10	16	8	4
	%	27	11	13	33	15	8	23	25	0	0	0	4	27	38	37	21	30	43	27	17
18	f	0	1	1	1	2	11	3	2	0	0	0	0	13	9	15	18	18	16	11	3
	%	0	3	3	4	6	30	10	8	0	0	0	0	39	24	50	75	54	43	37	12
19	f	15	17	6	4	2	5	7	5	0	0	0	1	3	3	4	9	13	12	13	5
	%	45	46	20	17	6	14	23	21	0	0	0	4	9	8	13	38	39	32	43	21
20	f	3	7	3	6	8	3	4	4	0	0	0	1	13	15	10	10	9	12	13	3
	%	9	19	10	25	24	8	13	17	0	0	0	4	39	41	33	42	27	32	43	12

K:Kimya öğretmen adaylarını; L1:Lise 1, L2:Lise 2, L3:Lise 3. sınıf öğrencilerini göstermektedir

Testte yanıtın nedeninin sorulduğu ikinci kısma verilen yazılı yanıtlar incelendiğinde, öğrenci ve öğretmen adaylarının iyonik bağ kavramı ile ilgili literatürdeki ile aynı veya ona benzer çok sayıda kavram yanlışlarına sahip oldukları görülmüştür. Testin her maddesinin değerlendirilmesi sonucunda tespit edilen bu yanlışlar ve taşınma yüzdeleri Tablo 2 de sunulmuştur. Bu yanlışlar, gruplar arasında taşınma yüzdeleri açısından sıralandığında  $L1 < L3 < L2 < K$  şeklinde bir sonucun ortaya çıktığı tablo değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu sıralamada lise 1. ve 3. sınıf öğrencilerinin 2. sınıf öğrencilerine göre görece daha düşük yanlış yüzdesine sahip olmaları, kimyasal bağlar konusunun her iki sınıf düzeyinde de işlenmesi ile açıklanabilir. Ancak lise 3. sınıfların 1. sınıflara göre daha yüksek bir yanlış oranına sahip olmaları, bağlar konusunun bu sınıf düzeyinde daha geniş olarak ele alınması sonucunda öğrencilerin zihinlerinin daha çok karışmış olması ile kısmen açıklanabilir.

Sıralamada öğretmen adaylarının en fazla yanılığa sahip olan grup olması ise oldukça şaşırtıcıdır. Bu sonuç, Coll ve Taylor'un (2001) üniversite öğrencilerinin kimyasal bağlar konusunda sahip oldukları alternatif kavramlar üzerine yaptıkları araştırma sonuçları ile de paralellik göstermektedir.

Tablo 2.

*Öğrencilerin ve öğretmen adaylarının test maddelerinde nedenin sorulduğu kısma verdiği yanıtlardan elde edilen kavram yanılığlı ifadelerin % oranları*

Kavram Yanılığlı İfadeler	L1	L2	L3	K	Madde No
	%	%	%	%	
Pozitif iyonlar her zaman negatif iyonları çeker, çünkü bu iyonlar sabit değerleri hareketlidir.	21	24	23	29	1, 9
Sodyum iyonu, sadece elektronunu verdiği klorür iyonu ile bağ yapar.	78	73	67	67	2,11
Na <sup>+</sup> ya herhangi bir kuvvet uygulanırsa daha fazla Cl <sup>-</sup> iyonu ile bağ yapar.	-	-	-	8	2,11
Sodyum atomu yalnızca bir tane iyonik bağ oluşturabilir, çünkü değerlik kabuğunda verebileceği sadece bir elektronu vardır.	67	70	60	86	3
Klor atomu yalnızca bir tane kuvvetli iyonik bağ oluşturabilir, çünkü değerlik kabuğuna en fazla bir elektron kabul edebilir.	60	67	57	76	12
Şekilde bir Cl <sup>-</sup> iyonu, çevresindeki bir Na <sup>+</sup> iyonu ile bağ yapmakta diğer üç Na <sup>+</sup> iyonu ile sadece etkileşimde bulunmaktadır.	57	76	53	69	5
Şekilde bir Na <sup>+</sup> iyonu, çevresindeki bir Cl <sup>-</sup> iyonu ile bağ yapmakta diğer üç Cl <sup>-</sup> iyonu ile sadece etkileşimde bulunmaktadır.	57	65	63	85	16
Şekildeki her sodyum klorür molekülü, bir sodyum iyonu ve bir klorür iyonu içermektedir.	60	81	77	75	6
Şekilde, her NaCl molekülü içerisinde bulunan Na <sup>+</sup> ve Cl <sup>-</sup> iyonları arasında bir bağ vardır, ama NaCl moleküllerinin kendi aralarında hiç bağ yoktur.	21	35	36	36	13
Şekildeki her NaCl molekülü arasında moleküller arası bir bağ vardır.	21	27	23	32	13
Şekilde birçok NaCl molekülü bulunmaktadır.	54	35	53	50	20
İyonik bağ, pozitif bir iyon ile negatif bir iyon arasındaki yalnızca çekim kuvveti değil elektron alışverişidir.	6	10	20	18	7
Hangi Cl <sup>-</sup> iyonlarının hangi Na <sup>+</sup> iyonlarından elektron aldığını bilmeden iyonik bağların nerede bulunduğunu bilmek mümkün değildir.	36	51	63	65	10
İyonik bağ, sodyum ve klor atomlarının dolu değerlik kabuğu elde etmek için sodyumun klora elektron vermesidir.	36	38	60	75	18
Pozitif bir iyon kendisine yeterince yakın olan herhangi bir komşu negatif iyon ile bağ yapabilir, çünkü sabit pozitifler hareketli negatifleri çeker.	18	16	-	8	8
Negatif bir iyon kendisine yeterince yakın olan herhangi bir komşu pozitif bir iyonla kovalent bağ oluşturur.	-	11	-	-	19
Negatif bir iyon etrafındaki pozitif iyonlardan yalnızca biri tarafından çekilebilir, diğerleriyle sadece etkileşim halindedir.	42	43	66	24	14

Tablo 2 (Devam)

Kavram Yanılgılı İfadeler	L1	L2	L3	K	Madde No
Negatif bir iyon etrafındaki pozitif iyonlardan yalnızca en kuvvetli olanı tarafından çekilebilir, diğerleriyle sadece etkileşim halindedir.	-	-	-	45	14
Pozitif bir iyon etrafındaki negatif iyonlardan yalnızca biri tarafından çekilebilir, diğerleriyle sadece etkileşim halindedir.	6	35	33	25	17
Pozitif bir iyon etrafındaki negatif iyonlardan yalnızca biri tarafından çekilebilir ve onunla iyonik bağ yapar, diğerleriyle ise kovalent bağ yapar.	-	-	-	8	17

Öğrenci ve öğretmen adaylarının testte yer alan maddelere verdikleri yanıtlardan elde edilen bulgular (Tablo 1) ile bu maddelerin açıklama kısmına verdikleri yazılı yanıtların incelenmesi sonucu ortaya konulan yanılgılar (Tablo 2), testteki benzer maddeler açısından aşağıda ayrıntılı olarak ele alınarak literatür sonuçları ile karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 1 incelendiğinde, öğrenci ve öğretmen adaylarının en fazla testin ilk sorusunda doğru seçeneği işaretlemekle birlikte doğru nedeni verebildikleri görülmektedir. Testin bu ilk maddesi “Pozitif bir iyon herhangi negatif bir iyon tarafından çekilebilir” şeklinde düzenlenmiştir. Bu maddenin lise 1. ve 2. sınıf öğrencileri tarafından % 91 ve % 87 gibi büyük oranlarda, lise 3. sınıf öğrencileri ve özellikle öğretmen adayları (% 63 ve % 71) tarafından ise görece daha düşük oranlarda doğru yanıtlaması dikkat çekicidir. Diğer yandan bu maddeye çok benzeyen ve “Negatif bir iyon herhangi pozitif bir iyon tarafından çekilebilir” biçiminde ifade edilmiş olan testin 9. maddesine verilen yazılı yanıtlar incelendiğinde, Tablo 2 den de görüleceği gibi “Pozitif iyonlar her zaman negatif iyonları çeker, çünkü bu iyonlar sabit diğerleri hareketlidir” şeklinde bir kavram yanılgısının taşındığı görülmektedir. Ayrıca, testin 8. maddesine verilen yanıtlarda da görülen bu yanılgının, öğrenci ve öğretmen adaylarının zihinlerinde kalıcı olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yanılgın lise 3. sınıf öğrenci ve kimya öğretmen adayları tarafından da taşınmış olması, atomun yapısının ve/veya metal bağının öğretiminde kullanılan modeller ile ilgili edinilen yanlış anlamalardan kaynaklanabilir. Metal bağının ders kitaplarında ve öğretmenler tarafından “pozitif adacıklar (çekirdekler) ile etrafındaki elektron denizi arasındaki çekim” olarak açıklanması, öğrencilerin “pozitif yükleri adacıklar gibi sabit, negatif yükleri de elektronlar gibi hareketli” olarak düşünmelerine yol açabilmektedir. Ayrıca, atomun yapısı işlenirken kullanılan “Elektronlar negatif yüklüdür ve pozitif yüklü atom çekirdeği etrafında dönerler” gibi bazı ifadeler de bu yanılgının oluşmasında bir diğer etken olabilir. Öğretmenlik deneyimlerimiz sırasında da böyle düşünen çok sayıda öğrenciye bizzat rastlamış olmamız, ortaya çıkan yanlış anlamının nedenine ilişkin ileri sürdüğümüz varsayımları desteklemektedir.

Testin 2, 10 ve 11. maddeleri iyonik bağın oluşum süreci ile ilgilidir. Testin 2. sorusuna lise öğrencilerinin tamamı, öğretmen adaylarının ise yalnızca % 4'ü, 10. ve 11. sorularına ise öğrenci ve öğretmen adaylarının çok düşük bir yüzdesi doğru seçenikle birlikte doğru nedeni vermiştir (Tablo 1). Bu maddelerle ilgili öğrenci ve öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun “Sodyum iyonu, sadece elektronunu verdiği klorür iyonu ile bağ yapar” ve “Hangi Cl<sup>-</sup> iyonlarının hangi Na<sup>+</sup> iyonlarından elektron aldığını bilmeden iyonik bağların nerede bulunduğunu bilmek mümkün değildir” gibi kavram yanlışlarına sahip oldukları belirlenmiştir (Tablo 2). Literatürde de bu yanlışlara rastlanılmıştır (Taber, 1994; 1997; Robinson, 1998). Ancak bu araştırmada, literatürden farklı olarak kimya öğretmen adayları arasında yüksek oranda (% 45) “Pozitif bir iyon etrafındaki negatif iyonlardan yalnızca biri tarafından çekilebilir ve onunla iyonik bağ yapar, diğerleriyle ise kovalent bağ yapar” yanlışlarının görülmesi ve düşük oranda da olsa (% 8) “Na<sup>+</sup> ya herhangi bir kuvvet uygulanırsa daha fazla Cl<sup>-</sup> iyonu ile bağ yapar” ve “Pozitif bir iyon etrafındaki negatif iyonlardan yalnızca biri tarafından çekilebilir ve onunla iyonik bağ yapar, diğerleriyle ise kovalent bağ yapar” yanlışlarının (Tablo 2) görülmesi oldukça ilginçtir. Bu yanlışlar, kimya öğretmen adaylarının lise öğrencilerine göre lisans eğitimleri sırasında kimyasal bağlar konusunda daha fazla ders almış olmalarına rağmen kavramı doğru yapılandırmadıklarını ortaya koymaktadır. Bu durum, bir kavramla ilgili çok fazla öğretim almanın o kavramı doğru öğrenmenin garantisi olmadığı gibi kavram kargaşasına yol açabileceğini göstermektedir. Kimya öğretmen adaylarının üniversiteden mezun olana kadar geçirdikleri tüm eğitim süreçleri göz önüne alındığında iyonik bağ kavramı ile ilgili edindikleri yanlış anlamaların ortadan kalkmamış olması, kavram yanlışlarının kalıcı olduğu ve çok zor değişebileceği literatür bilgisi ile de uyum içerisinde (Demircioğlu ve ark., 2005; Pabuçcu ve Geban, 2006).

İyonik bağ sayısını belirlemede, atomun elektron dizilimi ve oktet kuralının kullanımı ile ilgili olan 3, 12 ve 18. maddelere verilen yanıtlar incelendiğinde; testin 3. maddesinde öğrencilerden hiçbiri öğretmen adaylarının ise sadece % 4'ü doğru seçenikle birlikte doğru bir neden ileri sürmüş, bazıları ise doğru seçeneği işaretlemekle birlikte yanlış bir açıklamada bulunmuşlardır (L1: % 12, L2: % 8, L3: % 13 ve K: % 12). Testin 12. ve 18. maddeler için de benzer sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 1). Bu maddelere verilen yanıtların ikinci kısımlarının incelenmesi, öğrenci ve öğretmen adaylarının “Sodyum atomu yalnızca bir tane iyonik bağ oluşturabilir, çünkü değerlik kabuğunda verebileceği sadece bir elektronu vardır” veya “Klor atomu yalnızca bir tane kuvvetli iyonik bağ oluşturabilir, çünkü değerlik kabuğuna en fazla bir elektron kabul edebilir” yanlışlarına % 57 ile % 70 arasında ve “İyonik bağ, sodyum ve klor atomlarının dolu değerlik kabuğu elde etmek için sodyumun klora elektron vermesidir” yanlışlarına da % 36 ile % 75 gibi değişen oranlarda sahip oldukları Tablo 2 de görülmektedir. Taber'e göre (1998, 1999b) bu yanlışların temel nedeni, “Bir atomun kararlı hale gelebilmesi için son yörüngesini oktete tamamlaması gerekir” düşüncesinin öğrenciler arasında yaygın olmasıdır.

Öğrenci ve öğretmen adaylarının sodyum klorürdeki iyonik bağın tek bir sodyum iyonu ile klor iyonu arasında oluşacağı yanlışına sahip olduğu testin 5., 14., 16., 17. ve 19. maddelerine verilen “Şekilde bir Cl<sup>-</sup> iyonu, çevresindeki bir Na<sup>+</sup> iyonuyla bağ

yapmakta diğer üç  $Na^+$  iyonu ile sadece etkileşimde bulunmaktadır”, “Negatif bir iyon etrafındaki pozitif iyonlardan yalnızca biri tarafından çekilebilir, diğerleriyle sadece etkileşim halindedir” gibi ifadelerden anlaşılmaktadır. Böyle bir zorluğa Coll ve Treagust (2001)’un çalışmalarında da rastlanılmıştır. Bu yanılgılar, merkezdeki bir yükün kendisine zıt etrafındaki tüm yükleri aynı kuvvetle çekeceği ve bu çekimin yüklerin arasındaki uzaklığa ve yük büyüklüğüne bağlı olduğu bilgisine sahip olunmamasından, başka bir ifadeyle, soruları yanıtlamada fizikteki Coulomb yasasından yararlanılamamış olmasından kaynaklanabilir. Bu nedenle, iyonik bağ konusu işlenirken bu yasanın yeniden ele alınması, kavram yanılgısı oluşumunu engellemek açısından yararlı olabilir.

Testin 6., 13. ve 20. maddeleri NaCl iyonik bileşiğinin molekül olarak düşünülüp düşünülmediğini belirlemeye yönelik olarak hazırlanmıştır. Tablo 1 incelendiğinde, 6. ve 13. maddelere doğru seçenekle birlikte doğru bir açıklama getirme oranının tüm gruplar açısından çok düşük olduğu, “Şekilde hiç NaCl molekülü bulunmamaktadır” biçiminde ifade edilen 20. maddeye verilen yanıtlarda ise bu oranın biraz daha yükseldiği görülmektedir. Bu maddelerin ikinci kısmına verilen yazılı yanıtlar incelendiğinde, öğrenci ve öğretmen adaylarının en çok “Her sodyum klorür molekülü, bir sodyum iyonu ve bir klorür iyonu içermektedir”, yanılgısını (L1: % 60, L2: % 81, L3: % 77 ve K: % 75) ayrıca, “NaCl molekülü içerisinde bulunan  $Na^+$  ve  $Cl^-$  iyonları arasında bir bağ vardır, ama NaCl moleküllerinin kendi aralarında hiç bağ yoktur”, “Her NaCl molekülü arasında moleküller arası bir bağ vardır” ve “Birçok NaCl molekülü bulunmaktadır” yanılgılarını taşıdıkları tespit edilmiştir (Tablo 2). Bu yanılgılar incelendiğinde, öğrenci ve öğretmen adaylarının literatürde de karşılaştığı gibi (Taber, 1998; Tan ve Treagust, 1999) sodyum klorür iyonik kristalini, NaCl moleküllerinden oluşan bir yapı olarak düşündükleri anlaşılmaktadır.

## TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular, lise öğrencilerinin iyonik bağ kavramı ile ilgili hemen her düzeyde benzer yanılgılara sahip olduğunu, şaşırtıcı bir şekilde kimya öğretmeni adaylarının da çok sayıda yanılgıya sahip olduğunu ve iyonik bağ kavramını yanlış bir şekilde öğrendiklerini göstermiştir. Ayrıca, bu yanılgıların birçoğunun lise öğrencilerinde görülen yanılgılarla benzerlikler taşıdığı da belirlenmiştir. Bu nedenle, hem lise hem de üniversite düzeyinde yapılan kimya öğretiminde aşağıda belirtilen önerilerin dikkate alınması, bu kavramın öğretiminden kaynaklanan yanılgıların giderilmesinde etkili olabilir.

İyonik bağlanma ile ilgili kavramsal yanılgıların ders kitaplarından, dersin anlatımı sırasında kullanılan dilden ve öğrencilerin atomları birbirinden bağımsız hareket eden nesnelere olarak düşünmelerinden kaynaklanabileceği literatürde belirtilmektedir (Barke vd., 2009). Özellikle ders kitaplarında yapılan iyonik bağ tanımlamalarında elektron alışverişine vurgu yapılması, öğrenenlerin: “iyonik bağ elektron alışverişidir” yanlışlıklarına sahip olmalarına yol açmaktadır. İyonik bağın elektron alışverişi olarak tanımlanması durumunda, sodyum klorür örneğinde olduğu gibi öğrenenler: “ $Cl^-$  iyonu,

*yalnızca elektron aldığı Na<sup>+</sup> iyonuna bağlanır, çevresindeki diğer üç Na<sup>+</sup> iyonu ile bağ yapmaz onlarla sadece etkileşimde bulunur*” cevabını vermektedirler. Bu nedenle iyonik bağı tanımlarken elektron alışverişine aşırı vurgu yapmaktan kaçınılmalıdır. Onun yerine, iyonik bağı pozitif ve negatif yüklü iyonlar arasındaki elektrostatik çekim kuvveti olarak tanımlanması ve Coulomb Kanunu gereği (elektrik yüklü taneciklerin çevresindeki alan her yönde aynı etkiyi gösterir) iyonik bağı kovalent bağı gibi yöne bağımlı olmadığı vurgulanması gerekmektedir. Böylece öğrenenler, bir sodyum iyonunun çevresindeki tüm klorür iyonlarını eşit kuvvetle çekeceğini aynı durumun bir klorür iyonu için de geçerli olacağını daha kolay kavrayabileceklerdir. Ayrıca, NaCl iyonik bileşiminde Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonları arasındaki çekimlerden dolayı kafes şeklinde bir yapı oluştuğu ve oluşan iyonik kafeslerin de NaCl bileşiminin tüm özelliklerini gösterdiği açıklanarak, bağımsız NaCl moleküllerinden bu nedenle söz edilemeyeceği özellikle vurgulanmalıdır.

Kimyasal bağların öğretiminde genellikle model bileşikler kullanılmaktadır (Taber ve Coll, 2002). Kimyasal bir bağ olan iyonik bağı öğretiminde ister lise ister üniversite düzeyinde olsun en çok kullanılan model bileşimin sodyum klorür olduğu bilinmektedir. İyonik bağı kavramı gibi soyut bir kavramı öğretimde kullanılan bir modelin sınırlılıklarının bilinmemesinin, modelin gerçeğin kendisi olmadığı ve ancak gerçeği kısmen temsil edebileceğinin belirtilmemesinin, statik bir modelle dinamik bir olgunun açıklanamamasının ve sadece modelin tahtaya çizilen iki boyutlu yapısı ile yetinilmesinin öğrencilerde çeşitli yanlış anlamalara veya kavram yanılgılarına yol açacağı literatürde belirtilmektedir (Barnea ve Dori, 2000; Justi ve Gilbert, 2002). Bu nedenle, kimya öğretmenlerinin ve öğretim elemanlarının iyonik bağı kavramını öğretimde sıklıkla kullandıkları NaCl modelinin sınırlılıklarının farkında olması ve modelin yalnızca iki boyutlu yapısıyla kavramı öğretmekten kaçınmaları gerekmektedir. Bileşimin üç boyutlu kristal yapısının verilmesi ve böylece öğrenenlerin her Na<sup>+</sup> iyonunun 6Cl<sup>-</sup> iyonu ve her Cl<sup>-</sup> iyonunun da 6Na<sup>+</sup> iyonu ile çevrili olduğunu görmelerinin sağlanması bazı kavram yanılgılarının oluşmasını önleyebilir. Bu örgü yapısında niçin bağımsız NaCl moleküllerinden söz edilemeyeceği derslerde tartışılabilir. Ayrıca, Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonları arasında oluşan iyonik bağı sayısının iyon yüküne veya değerliğine bağlı olmadığı bileşimin yapısı üzerinde tahtada veya bilgisayarda gösterilebilir. Bu amaçla, Hofstein ve arkadaşlarının (2009) çalışmalarında kullandıkları gibi etkileşimli bir websitesi kurulabilir ve bileşimin hem iki boyutlu hem üç boyutlu yapısı çeşitli animasyonlarla canlandırılarak konu daha iyi kavratılabilir veya Mendonça ve Justi'nin (2011) yaptıkları gibi iyonik bağı öğretiminde modelleme-temelli öğretim etkinlikleri düzenlenebilir. Genel olarak söylemek gerekirse, öğrenciler ve öğretmen adaylarının iyonik bağı kavramına ilişkin sahip oldukları yanılgıların giderilmesi için bu önerileri de dikkate alan alternatif kavramsal değişim programları düzenlenebilir ve programların etkililiği alanda denenebilir.

#### KAYNAKLAR/REFERENCES

- Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72 (2), 175-184.
- Azizoğlu, N., Alkan, M. ve Geban, O. (2006). Undergraduate pre-service teachers' understandings and misconceptions of phase equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 83 (6), 947-953.
- Barke, H-D., Hazari A. ve Yitbarek S. (2009). *Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education by Springer-Verlag*: Berlin, Germany, s.294.
- Barnea, N. ve Dori, Y. J. (2000). Computerized molecular modeling: The new technology for enhance model perception among chemistry educators and learners. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, 109–120.
- Butts, B. ve Smith, R.(1987). HSC chemistry students' understanding of the structure and properties of molecular and ionic compounds. *Research in Science Education*, 17, 192-201.
- Canpolat, N., Pınarbaşı, T., Bayrakçeken, S. ve Geban Ö. (2004). Kimyadaki bazı yaygın yanlış kavramalar. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 135-146.
- Chang, J. Y. (1999). Teachers college students' conceptions about evaporation, condensation, and boiling. *Science Education*, 83 (5), 511-526.
- Coll, R. K. ve Taylor, N. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students, *Research in Science ve Technological Education*, 19 (2), 171-191.
- Coll, R. K. ve Taylor, N. (2001b). Alternative conceptions of chemical bonding amongst senior secondary and tertiary students: Nature and origins. *Teaching and Learning*, 22, 48–60.
- Coll, R. K. ve Treagust, D. F. (2001). Learner's mental model of chemical bonding. *Research in Science Education*, 31, 357-382.
- Çalik, M. ve Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts, *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (6), 638-667.
- Demircioğlu G., Ayas A. ve Demircioğlu H. (2005). Conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases, *Chemistry Education Research and Practice*, 6 (1), 36-51.
- Driver, R. ve Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Duit, R. ve Treagust, D. F. (1995). Students' conceptions and constructivist teaching approaches. In Fraser, B.J. ve Walberg, H.J. (Eds.), *Improving Science Education* (s. 46-69). Chicago: The University of Chicago Pres.
- Frailich M., Kesner M. ve Hofstein A. (2009). Enhancing students' understanding of the concept of chemical bonding by using activities provided on an interactive website, *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (3), 289–310.
- Gilbert, J. K. ve Watts, D. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Harrison, A. G. ve Treagust, D. F. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models? *School Science and Mathematics*, 98, 420–429.
- Hewson, P. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3 (4), 383-396.



- Huck, S. W. ve Cornier, W. H. (1996). *Reading statistics and research* (2nd Ed.). New York: Harper Collins.
- Justi, R. ve Gilbert, J. (2002). Models and modeling in chemical education. In: J.K. Gilbert, O.D. Jong, R. Justi, D.F. Treagust, ve J. H. Van Dreil (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice*. (s. 47–68). Dordrecht: Kluwer.
- Kabapınar, F. (2003). Kavram yanlışlarının ölçülmesinde kullanılabilir bir ölçeğin bilgi-kavrama düzeyini ölçmeyi amaçlayan ölçekten farklılıkları. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 35, 398-417.
- Levy Nahum, T., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. ve Bar-Dov, Z. (2004). Can final examinations amplify students' misconceptions in chemistry? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 5 (3), 301–325.
- Lin, H.S., Cheng, H. J. ve Lawrenz, F. (2000). The Assessment of students and teachers' understanding of gas laws. *Journal of Chemical Education*, 77 (2), 235-238.
- McCloskey, M. (1983). Intuitive physics. *Scientific American*, 248, 122-130.
- Mendonça P. C. C. ve Justi R. (2011). Contributions of the model of modelling diagram to the learning of ionic bonding: Analysis of a case study, *Research in Science Education* 41 (4), 479–503.
- Nakiboğlu, C. (2003). Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4 (2), 171-188.
- Osborne, R. J., Bell, B. F. ve Gilbert, J. K. (1983). Science teaching and children's view of the world. *European Journal of Science Education*, 5 (1), 1-14.
- Özmen, H., Ayas, A. ve Coştu, B. (2002). Fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı hakkındaki anlama seviyelerinin ve yanlışlarının belirlenmesi, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 507-529.
- Pabucu, A. ve Geban Ö. (2006). Remediating misconceptions concerning chemical bonding through conceptual change text. *Hacettepe University Journal of Education*, 30, 184-192.
- Robinson W. R. (1998). An alternative framework for chemical bonding. *Journal of Chemical Education*. 75: 1074-1075.
- Taber, K. S. (1994). Misunderstanding the ionic bond, *Education in Chemistry*, 31 (4), 100-103.
- Taber, K. S. (1997). Student understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic thinking? *School Science Review*. 78 (285): 85-95.
- Taber, K. S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20 (5), 597-608.
- Taber, K. S. (1999b). Alternative frameworks in chemistry. *Education in Chemistry*, 36 (5), 135-137.
- Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions-prevention, diagnosis and cure: Classroom resources, part 2 (Spiral-bound)*, London: Royal Society of Chemistry. s.85-90.
- Taber, K. S. ve Coll, R. (2002). Chemical Bonding, in Gilbert, J. K. et al., (editors) *Chemical education: Research-based practice*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers BV, s.213-234.
- Tan, K.-C.D. ve Treagust, D. F. (1999). Evaluating students' understanding of chemical bonding. *School Science Review*, 81 (294), 75-83.
- Van Driel, J. H. ve Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21, 1141–1153.

**İletişim/Correspondence**

Yrd. Doç. Dr. Doğan DOĞAN  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi  
OFMAE Bölümü /Kimya Eğitimi ABD  
14280 Gököy, Bolu  
Tel: 0374 2541000  
ddogan@ibu.edu.tr

Prof. Dr. Bayram DEMİRCİ  
İnönü Üniversitesi, Eğitim Fakültesi  
İlköğretim Bölümü /Fen Bilgisi Eğitimi ABD  
44280, Malatya  
Tel: 0 422 3774212  
demirci@inonu.edu.tr