

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**“ATOM VE MOLEKÜLLERİ BİR ARADA TUTAN KUVVETLER”
KONULARININ ÖĞRETİMİNDE YENİ BİR YAKLAŞIM: BDÖ VE KDM’NİN
BİRLİKTE KULLANIMININ KAVRAMSAL DEĞİŞİME ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

Suat ÜNAL

KASIM 2007

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**“ATOM VE MOLEKÜLLERİ BİR ARADA TUTAN KUVVETLER”
KONULARININ ÖĞRETİMİNDE YENİ BİR YAKLAŞIM: BDÖ VE KDM’NİN
BİRLİKTE KULLANIMININ KAVRAMSAL DEĞİŞİME ETKİSİ**

Suat ÜNAL

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Doktor (Kimya Eğitimi)”
Unvanı Verilmesi İçin Teslim Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26. 10. 2007

Tezin Savunma Tarihi : 16. 11. 2007

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Alipaşa AYAS

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Salih ÇEPNİ

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Bayram COŞTU

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Leman TARHAN

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2007

ÖNSÖZ

Etkili kavram öğretimini sağlamada öğretmenlerin sıkça kullandıkları geleneksel yöntemlerin beklenen başarıyı sağlayamadığına, buna karşılık kavramsal değişim metinleri ve bilgisayar destekli öğretim gibi alternatif öğretim yöntemlerinin oldukça başarılı olduğuna işaret eden birçok araştırma bulunmaktadır. Bu nedenle, soyut kavramları içeren ve farklı çalışmalarda öğrencilerin çok sayıda yanılgıya sahip olduklarının rapor edildiği kimyasal bağlar konusunun öğretiminde, etkili kavram öğretimini sağlayabilecek yöntem ve tekniklerin kullanılması ve etkililiklerinin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışma, kimyasal bağlar konusunun öğretiminde BDÖ ve KDM'nin birlikte kullanılmasının öğrenci başarısına ve kavramsal değişime etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Danışmanlığımı üstlenerek, gerek konunun belirlenmesinde gerekse çalışmanın yürütülmesi sırasında engin bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım sayın hocam, Prof. Dr. Alipaşa AYAS' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında görüş ve önerilerinden daima yararlandığım değerli hocalarım, Prof. Dr. Ali Rıza AKDENİZ ve Prof. Dr. Salih ÇEPNİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın başından sonuna kadar hem önerileriyle hem de manevi destekleri ile sürekli yanımda olan Yrd. Doç. Dr. Bayram COŞTU ve Yrd. Doç. Dr. Muammer ÇALIK'a teşekkür ederim. Ayrıca, yardım ve desteklerini gördüğüm değerli arkadaşlarım; Yrd. Doç. Dr. Ali TEMİZ, Dr. Serkan SEVİM, Dr. Tuncay ÖZSEVGECİ ve Arş. Gör. Yaşar AKKAN başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın yürütüldüğü Akçaabat Lisesi'nde görev yapan ve çalışma süresince yardımlarını esirgemeyen, başta Melek EYÜBOĞLU olmak üzere tüm kimya öğretmenlerine ve okul yöneticilerine de teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Ayrıca, tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen aileme sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Son olarak, çalışmanın yürütülmesine destek sağlayan Karadeniz Üniversitesi Araştırma Fonu yönetici ve çalışanlarına da teşekkürlerimi sunarım.

Suat ÜNAL
Trabzon 2007

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|-----------------|
| ÖNSÖZ | II |
| İÇİNDEKİLER..... | III |
| ÖZET | VII |
| SUMMARY | VIII |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | IX |
| TABLolar DİZİNİ..... | XIII |
| 1. GENEL BİLGİLER | 1 |
| 1.1. Giriş..... | 1 |
| 1.2. Araştırmanın Problemi | 7 |
| 1.3. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi..... | 9 |
| 1.4. Araştırmanın Amacı..... | 13 |
| 1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları | 14 |
| 1.6. Araştırmanın Varsayımları | 15 |
| 1.7. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar..... | 15 |
| 1.7.1. Kavramsal Değişim..... | 15 |
| 1.7.1.1. Kavramsal Değişim Yaklaşımının Ortaya Çıkma Gerekçeleri | 16 |
| 1.7.1.2. Kavramsal Değişimin Teorik Temelleri..... | 17 |
| 1.7.1.3. Kavramsal Değişim İçin Yapılan Tanımlar | 18 |
| 1.7.1.4. Kavramsal Değişimin Gerçekleşmesi İçin Gerekli Dört Koşul | 19 |
| 1.7.1.5. Kavramsal Değişimin Gerçekleşme Yolları..... | 20 |
| 1.7.1.6. Kavramsal Değişimin Gerçekleşmesindeki Engeller..... | 21 |
| 1.7.1.7. Kavramsal Değişimi Sağlamada Kullanılan Modeller | 22 |
| 1.7.1.8. Kavramsal Değişim Metinleri | 27 |
| 1.7.1.9. Kavramsal Değişim Metinleriyle İlgili Yapılan Çalışmalar | 31 |
| 1.7.2. Bilgisayar Destekli Öğretim | 39 |
| 1.7.2.1. Bilgisayar Destekli Öğretim Uygulamaları..... | 43 |
| 1.7.2.2. Bilgisayar Destekli Öğretimde Animasyon ve Simülasyonlar..... | 44 |
| 1.7.2.3. Bilgisayar Destekli Öğretim Materyalleri | 46 |
| 1.7.2.4. Bilgisayar Destekli Öğretimle İlgili Yapılan Çalışmalar | 49 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 2. | YAPILAN ÇALIŞMALAR | 59 |
| 2.1. | Araştırmanın Metodolojisi | 59 |
| 2.2. | Araştırmanın Örneklemi..... | 61 |
| 2.3. | Çalışma Kapsamında Geliştirilen ve Kullanılan Öğretim Materyalleri | 63 |
| 2.3.1. | Öğretim Materyallerinin Geliştirilmesinde İzlenen Adımlar | 63 |
| 2.3.2. | Çalışmada Kullanılan Bilgisayar Destekli Öğretim Materyali..... | 65 |
| 2.3.2.1. | Konunun ve İçeriğin Belirlenmesi..... | 65 |
| 2.3.2.2. | Uygun Yazılımın Seçilmesi..... | 66 |
| 2.3.2.3. | BDÖ Materyalinin (Yazılımın) Sistem Gereksinimleri | 67 |
| 2.3.2.4. | BDÖ Materyali | 68 |
| 2.3.3. | Çalışmada Kullanılan Kavramsal Değişim Metinleri | 71 |
| 2.3.4. | Çalışmada Kullanılan Öğretmen Rehber Materyali..... | 75 |
| 2.3.5. | Öğretim Materyallerinin Pilot Uygulaması..... | 77 |
| 2.3.5.1. | Pilot Çalışma Sonunda Öğretim Materyallerinde Yapılan Düzeltmeler | 80 |
| 2.3.5.1.1. | BDÖ Materyalinde Yapılan Düzeltmeler..... | 80 |
| 2.3.5.1.2. | Kavramsal Değişim Metinlerinde Yapılan Düzeltmeler..... | 82 |
| 2.3.5.1.3. | Öğretmen Rehber Materyallerinde Yapılan Düzeltmeler | 84 |
| 2.3.6. | Öğretim Materyallerinin Asıl Uygulamalarının Yapılması | 86 |
| 2.4. | Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları | 87 |
| 2.4.1. | Test..... | 87 |
| 2.4.1.1. | Araştırmada Kullanılan Çoktan Seçmeli Kavram Testi..... | 88 |
| 2.4.1.2. | Geliştirilen Kavram Testiyle İlgili Pilot Çalışma | 90 |
| 2.4.2. | Mülakat | 91 |
| 2.4.2.1. | Araştırmada Kullanılan Mülakatlar | 92 |
| 2.4.2.1.1. | Öğretmenlerle ve Alan Eğitimcileriyle Yürütülen Mülakatlar | 92 |
| 2.4.2.1.2. | Öğrencilerle Yürütülen Mülakatlar | 94 |
| 2.4.2.2. | Araştırmada Kullanılan Öğrenci Mülakatlarıyla İlgili Pilot Çalışma | 97 |
| 2.5. | Araştırmadan Elde Edilen Verilerin Analizi | 98 |
| 2.5.1. | Testten Elde Edilen Verilerin Analizi..... | 98 |
| 2.5.2. | Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi..... | 100 |
| 3. | BULGULAR | 103 |
| 3.1 | Kimyasal Bağlar Konusundaki Yanılgıların Olası Nedenlerine İlişkin Olarak Öğretmenlerle ve Alan Eğitimcileriyle Yapılan Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular..... | 104 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 3.2. | Ön Testten Elde Edilen Bulgular..... | 105 |
| 3.3 | Son Testten Elde Edilen Bulgular..... | 108 |
| 3.4. | Gecikmiş Testten Elde Edilen Bulgular..... | 111 |
| 3.5. | Testlerden Elde Edilen Ayrıntılı Bulgular.. .. | 121 |
| 3.6. | Kavramsal Değişimin Ayrıntılı Verildiği Öğrencilerden Elde Edilen Bulgular..... | 151 |
| 3.6.1. | Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular..... | 152 |
| 3.6.2. | Kavramsal Değişimle İlgili Bulgular.. .. | 249 |
| 3.6.2.1. | Kavramsal Değişimin En Düşük Düzeyde Gerçekleştiği Öğrencilerin Uygulama Öncesinde, Uygulamanın Hemen Sonrasında ve Uygulamadan Uzun Süre Sonrasındaki Kavramsal Durumları ve Gerçekleşen Kavramsal Değişimleri.. .. | 249 |
| 3.6.2.2. | Kavramsal Değişimin Orta Düzeyde Gerçekleştiği Öğrencilerin Uygulama Öncesinde, Uygulamanın Hemen Sonrasında ve Uygulamanın Tamamlanmasından Uzun Süre Sonrasındaki Kavramsal Durumları ve Gerçekleşen Kavramsal Değişimleri.. .. | 253 |
| 3.6.2.3. | Kavramsal Değişimin En Yüksek Düzeyde Gerçekleştiği Öğrencilerin Uygulama Öncesinde, Uygulamanın Hemen Sonrasında ve Uygulamanın Tamamlanmasından Uzun Süre Sonrasındaki Kavramsal Durumları ve Gerçekleşen Kavramsal Değişimleri.. .. | 256 |
| 3.7. | Öğretim Süreci ve Materyallerle İlgili Öğretmen ve Öğrenci Görüşleri..... | 260 |
| 3.7.1 | Öğretim Süreci ve Materyallerle İlgili Uygulama Öğretmeninin Görüşleri..... | 260 |
| 3.7.2 | Öğretim Süreci ve Materyallerle İlgili Öğrenci Görüşleri. | 265 |
| 4. | TARTIŞMA..... | 272 |
| 4.1 | Öğrencilerdeki Kavram Yanılgılarının ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması..... | 272 |
| 4.1.1. | Bağlanma Kavramıyla İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması | 272 |
| 4.1.2. | İyonik Bağla İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması..... | 277 |
| 4.1.3. | Kovalent Bağla İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması..... | 283 |
| 4.1.4. | Metalik Bağla İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması..... | 290 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 4.1.5. | Moleküller Arası Kuvvetlerle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması | 293 |
| 4.1.5.1. | Genel Olarak Moleküller Arası Kuvvetlerle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması. | 294 |
| 4.1.5.2. | Hidrojen Bağıyla İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması..... | 298 |
| 4.1.5.3. | Van der Waals Kuvvetleriyle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması | 301 |
| 4.1.5.4. | Dipol-Dipol Kuvvetleriyle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması | 307 |
| 4.1.6. | Bağ Yapısı ve Molekül Şekilleriyle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması | 311 |
| 4.2. | Geliştirilen Öğretim Materyallerinin Sağladığı Kavramsal Değişimin Kalıcılığına İlişkin Genel Tartışmalar..... | 315 |
| 4.3. | Uygulama Öğretmeni ve Öğrencilerin Öğretim Materyalleri Hakkındaki Görüşlerinin Yorumlanması | 318 |
| 5. | SONUÇLAR..... | 323 |
| 5.1. | Kavram Yanılgılarıyla İlgili Sonuçlar | 323 |
| 5.2. | Kavramsal Değişimle İlgili Sonuçlar..... | 332 |
| 5.3. | Kavramsal Değişimin Kalıcılığıyla İlgili Sonuçlar | 334 |
| 5.4. | Öğretim Materyallerinin Etkililiğiyle İlgili Sonuçlar | 335 |
| 6. | ÖNERİLER | 337 |
| 6.1. | Araştırmanın Sonuçlarına Dayalı Olarak Yapılan Öneriler. | 337 |
| 6.2. | Araştırmacının Deneyimleri ve Diğer Araştırmacılara Önerileri. | 343 |
| 7. | KAYNAKLAR | 347 |
| 8. | EKLER | 373 |

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Bu çalışmada, kimyasal bağlar konusunun öğretiminde kavramsal değişim metinleri (KDM) ile bilgisayar destekli öğretim (BDÖ) materyalinin birlikte kullanımının öğrenci fikirlerindeki kavramsal değişimi sağlamada ne derece etkili olduğunu belirlemek amaçlanmıştır. Özel durum metodolojisinin kullanıldığı bu çalışma dört aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, literatürde kimyasal bağlar konusuyla ilgili öğrencilerde görülen kavram yanılgıları belirlenmiştir. İkinci aşamada, belirlenen bu yanılgıların olası nedenleri hakkında 4 kimya öğretmeni ve 2 alan eğitimcisiyle yarı yapılandırılmış mülakatlar yapılmıştır. Üçüncü aşamada, yanılgılar ve olası nedenleri dikkate alınarak, çalışmada kullanılan kavramsal değişim metinleri, BDÖ materyali ve öğretmen rehber materyalleri geliştirilmiş ve pilot uygulamaları yapılmıştır. Çalışmanın dördüncü aşamasında ise, öğretim materyalleri bir Müfredat Laboratuvar Okulunda öğrenim gören 30 lise 1 öğrencisine uygulanarak, çalışmanın amacına yönelik veriler toplanmıştır. Veri toplama araçları olarak kavram başarı testi ve yarı yapılandırılmış mülakatlar kullanılmıştır. Öğrenci fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişim hakkında veri toplamak amacıyla kullanılan kavram başarı testi ön, son ve gecikmiş test olarak örnekleme uygulanmıştır. Ayrıca, kavramsal değişimin en az (Ö6 ve Ö10), orta düzeyde (Ö1 ve Ö4) ve en fazla (Ö5 ve Ö16) düzeyde gerçekleştiği 6 öğrenciyle mülakatlar yürütülmüştür. Uygulama öğretmenin ve öğrencilerin (Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16) öğretim materyallerinin etkililiği konusundaki düşüncelerini belirlemek amacıyla da mülakatlar yürütülmüştür. Testin farklı uygulamalarından elde edilen verilerin istatistiksel analizleri (One-way ANOVA ve Post-Hoc), son ve gecikmiş testler lehine anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Çalışmada elde edilen bulgular sonucunda, hazırlanan öğretim materyalinin kavramsal değişimi sağlamada başarılı olmasının yanında bu değişimin öğrenci zihninde kalıcı olmasını da sağladığı sonucu ortaya çıkmıştır. Çalışmanın sonunda, ortaya çıkan sonuçlara bağlı olarak araştırmacılara ve eğitimcilere birtakım önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kavramsal Değişim, Kavramsal Değişim Metni, Bilgisayar Destekli Öğretim, Kimyasal Bağlar, Kavram Yanılgıları

SUMMARY

A New Approach on Teaching of "Chemical Bonds and Intermolecular Forces": The Effects of CAI and CCT on Conceptual Change

The aim of the study was to investigate how CAI and CCT effects conceptual change on students' conceptions about chemical bonds. This study involved in a case study approach consists of four steps. In the first step, the misconceptions about chemical bonds reported in the literature were determined. In the second step, semi-structured interviews on possible reasons for these misconceptions were conducted with 4 experienced chemistry teachers and 2 chemistry educators. In the third step, regarding these misconceptions and their reasons, CCTs, CAI material and teacher guide material were devised and used in the pilot study. In the fourth step, teaching materials was implemented to 30 grade 9 students who were drawn from a class at a Curriculum Laboratory School. To collect data, the concept achievement test and interviews were employed. To collect data about the conceptual change on students' conceptions about chemical bonds, the concept achievement test was administered to the sample as pre-test, post-test, and delayed test. Moreover, interviews were conducted with 6 students who were selected as under average (S6 and S10), average (S1 and S4) and above average (S5 and S16) regarding their conceptual change degree. Teacher who was practicing teaching materials in her class and the students (S1, S4, S5, S6, S10 and S16) were also interviewed about the efficiency of teaching materials. The statistical analyses of the data from the different applications of the test showed that there was significant difference in favor of the post-test and delayed test. From the collected data, it was found out that teaching materials which were employed in the study were not only successful in achieving positive conceptual changes but also in providing students to retain their conceptions, which they had through the instruction, in their long term memory. Some suggestions were made to researchers and educators considering the results of the study.

Key Words: Conceptual Change, Conceptual Change Text, Computer Assisted Instruction, Chemical Bonds, Misconceptions

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|-----------------|
| Şekil 1. BDÖ materyalinin kovalent bağla ilgili kısmından örnek bir ekran | 69 |
| Şekil 1.1. On ikinci ekranda üstte yer alan animasyonun ilerleyişi | 70 |
| Şekil 1.2. On ikinci ekranda altta yer alan animasyonun ilerleyişi | 70 |
| Şekil 2. BDÖ materyalinin iyonik bağla ilgili kısmından örnek bir ekran | 70 |
| Şekil 2.1. Sekizinci ekrandaki animasyonun ilerleyişi | 71 |
| Şekil 3. Kavramsal değişim metinleri tasarlanırken ve geliştirilirken izlenen adımlar | 74 |
| Şekil 4. Asıl uygulamada kullanılan örnek bir kavramsal değişim metni | 75 |
| Şekil 5. Pilot uygulamalarının yapıldığı bilgisayar laboratuvarı | 78 |
| Şekil 6. Ön, son ve gecikmiş testlerdeki her bir test maddesine verilen doğru cevap yüzdelerinin karşılaştırmalı gösterimi | 147 |
| Şekil 7. Altıncı öğrencinin iyonik bağa örnek olarak çizdiği H ₂ O molekülünün şekli | 173 |
| Şekil 8. Onuncu öğrencinin iyonik bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve HCl şekli | 174 |
| Şekil 9. Dördüncü öğrencinin iyonik bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli | 175 |
| Şekil 10. Dördüncü öğrencinin iyonik bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli | 176 |
| Şekil 11. Beşinci öğrencinin iyonik bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli | 177 |
| Şekil 12. On altıncı öğrencinin iyonik bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli | 177 |
| Şekil 13. Onuncu öğrencinin kovalent bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli | 184 |
| Şekil 14. Birinci öğrencinin kovalent bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve H ₂ O şekli | 186 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Şekil 15. | Dördüncü öğrencinin kovalent bağı açıklarken çizdiği Cl ₂ molekülü şekli | 187 |
| Şekil 16. | Beşinci öğrencinin kovalent bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve H ₂ O şekli | 188 |
| Şekil 17. | On altıncı öğrencinin kovalent bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve çizimler | 189 |
| Şekil 18. | Altıncı öğrencinin metalik bağı açıklarken yaptığı Mg metali çizimi..... | 192 |
| Şekil 19. | Onuncu öğrencinin metalik bağı açıklarken yaptığı Al metali çizimi..... | 193 |
| Şekil 20. | Birinci öğrencinin demir çubuktaki metalik bağı açıklarken yaptığı çizim..... | 194 |
| Şekil 21. | Dördüncü öğrencinin demir çubuktaki metalik bağı açıklarken yaptığı çizim..... | 195 |
| Şekil 22. | Beşinci öğrencinin demir metalindeki metalik bağı açıklarken yaptığı çizim..... | 196 |
| Şekil 23. | On altıncı öğrencinin demir metalindeki metalik bağı açıklarken yaptığı çizim..... | 196 |
| Şekil 24. | Altıncı öğrencinin hidrojen bağının ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizimler | 198 |
| Şekil 25. | Onuncu öğrencinin hidrojen bağının ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizimler | 199 |
| Şekil 26. | Birinci öğrencinin hidrojen bağının ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizim | 200 |
| Şekil 27. | Dördüncü öğrencinin hidrojen bağının ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 200 |
| Şekil 28. | Beşinci öğrencinin hidrojen bağının ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizim | 201 |
| Şekil 29. | On altıncı öğrencinin hidrojen bağının ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 201 |
| Şekil 30. | Birinci öğrencinin hidrojen bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 205 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Şekil 31. | Beşinci öğrencinin hidrojen bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 206 |
| Şekil 32. | Altıncı öğrencinin Van der Waals bağının ne tür yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler..... | 208 |
| Şekil 33. | Onuncu öğrencinin Van der Waals bağının ne tür yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler..... | 209 |
| Şekil 34. | Beşinci öğrencinin Van der Waals bağının ne tür yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 211 |
| Şekil 35. | Onuncu öğrencinin Van der Waals bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler..... | 214 |
| Şekil 36. | Birinci öğrencinin Van der Waals bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler..... | 215 |
| Şekil 37. | Dördüncü öğrencinin Van der Waals bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 216 |
| Şekil 38. | On altıncı öğrencinin Van der Waals bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler..... | 218 |
| Şekil 39. | Onuncu öğrencinin dipol-dipol bağının hangi yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 219 |
| Şekil 40. | Dördüncü öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin hangi yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 221 |
| Şekil 41. | On altıncı öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin hangi yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 222 |
| Şekil 42. | Onuncu öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 224 |
| Şekil 43. | Birinci öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 225 |
| Şekil 44. | Dördüncü öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 226 |
| Şekil 45. | Beşinci öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 227 |
| Şekil 46. | On altıncı öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim..... | 227 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Şekil 47. | Mülakat yapılan öğrencilerin suyun molekül şekli için yaptıkları çizimler..... | 230 |
| Şekil 48. | Altıncı öğrencinin sofrta tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim..... | 245 |
| Şekil 49. | Onuncu öğrencinin sofrta tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim | 245 |
| Şekil 50. | Birinci öğrencinin sofrta tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim..... | 246 |
| Şekil 51. | Dördüncü öğrencinin sofrta tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim | 247 |
| Şekil 52. | Beşinci öğrencinin sofrta tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim..... | 248 |
| Şekil 53. | On altıncı öğrencinin sofrta tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim | 249 |
| Şekil 54. | Çalışmada kavramsal değişimin en alt düzeyde gerçekleştiği altıncı öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi | 252 |
| Şekil 55. | Çalışmada kavramsal değişimin en alt düzeyde gerçekleştiği onuncu öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi | 252 |
| Şekil 56. | Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi | 254 |
| Şekil 57. | Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği dördüncü öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi | 255 |
| Şekil 58. | Çalışmada kavramsal değişimin en üst düzeyde gerçekleştiği beşinci öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi | 259 |
| Şekil 59. | Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği on altıncı öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi | 259 |

TABLolar DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|-----------------|
| Tablo 1. Kavramsal değişim metinleriyle ilgili bazı alışmalar | 37 |
| Tablo 2. BDÖ ile ilgili bazı alışmalar | 54 |
| Tablo 3. Literatürden belirlenen yanılığlar ve ilişkili oldukları alanlar | 55 |
| Tablo 4. Mülakata katılan öğretmenlerin ve öğretim elemanlarının mesleki deneyimleri, mezun oldukları ve görev yaptıkları okullar | 62 |
| Tablo 5. Araştırmanın örnekleme ve örnekleme üzerinde yapılan alışmalar | 62 |
| Tablo 6. Pilot alışma sırasında testlerden elde edilen verilere uygulanan tanımlayıcı istatistik sonuçları | 79 |
| Tablo 7. Tek yönlü (One way ANOVA) sonucu | 79 |
| Tablo 8. Çoklu karşılaştırma (post hoc tests) sonuçları | 80 |
| Tablo 9. Ölçülmek istenilen kavram ya da anlamaların test maddelerindeki dağılımı | 89 |
| Tablo 10. Öğrencilerin ön testte verdikleri cevaplar, testteki toplam doğru cevap sayıları ve testten aldıkları toplam puanlar | 106 |
| Tablo 11. Örneklemeindeki öğrencilerin ön testteki sorulara verdikleri cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 107 |
| Tablo 12. Öğrencilerin son testte verdikleri cevaplar, testteki toplam doğru cevap sayıları ve testten aldıkları toplam puanlar | 109 |
| Tablo 13. Örneklemeindeki öğrencilerin son testteki sorulara verdikleri cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 110 |
| Tablo 14. Öğrencilerin gecikmiş testte verdikleri cevaplar, testteki toplam doğru cevap sayıları ve testten aldıkları toplam puanlar | 112 |
| Tablo 15. Örneklemeindeki öğrencilerin gecikmiş testteki sorulara verdikleri cevapların seçeneklere göre frekansları ve yüzdelik dağılımları | 113 |
| Tablo 16. Ön, son ve gecikmiş testlerde öğrenciler tarafından sahip olunan yanılığların frekans ve yüzdeleri | 114 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tablo 17. | Kavram yanlışlarının öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerinin ön, son ve gecikmiş testlerdeki değişimi ve kalıcılık..... | 118 |
| Tablo 18. | Kimyasal bağlar kavram testi'nin birinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 122 |
| Tablo 19. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin ikinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları..... | 123 |
| Tablo 20. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin üçüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 124 |
| Tablo 21. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin dördüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 125 |
| Tablo 22. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin beşinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 126 |
| Tablo 23. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin altıncı sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 127 |
| Tablo 24. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin yedinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımlar | 128 |
| Tablo 25. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin sekizinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 129 |
| Tablo 26. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin dokuzuncu sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 130 |
| Tablo 27. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin onuncu sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 131 |
| Tablo 28. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on birinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 132 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Tablo 29. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on ikinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 133 |
| Tablo 30. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on üçüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 134 |
| Tablo 31. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on dördüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 135 |
| Tablo 32. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on beşinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 136 |
| Tablo 33. | Kimyasal bağlar kavram testi'nin on altıncı sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 137 |
| Tablo 34. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on yedinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 138 |
| Tablo 35. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on sekizinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 139 |
| Tablo 36. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on dokuzuncu sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 141 |
| Tablo 37. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin yirminci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 142 |
| Tablo 38. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin yirmi birinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 143 |
| Tablo 39. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin yirmi ikinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 144 |
| Tablo 40. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin yirmi üçüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 145 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tablo 41. | Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin yirmi dördüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları | 146 |
| Tablo 42. | Öğrencilerin ön test, son test ve gecikmiş testten elde ettikleri toplam puanları ve değişimleri..... | 149 |
| Tablo 43. | Öğrencilerinin ön, son ve gecikmiş buharlaşma testlerindeki notlarına ilişkin tanımlayıcı istatistik sonuçları | 150 |
| Tablo 44. | Öğrencilerin ön, son ve gecikmiş testlerden aldıkları puanlara uygulanan tek yönlü ANOVA (One way ANOVA) analizi sonuçları..... | 150 |
| Tablo 45. | Ön, son ve gecikmiş testlerden elde edilen verilere ilişkin Post Hoc analizi sonuçları..... | 151 |
| Tablo 46. | Çalışmada kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu | 250 |
| Tablo 47. | Çalışmada kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği onuncu öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu | 251 |
| Tablo 48. | Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu | 254 |
| Tablo 49. | Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği dördüncü öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu | 255 |
| Tablo 50. | Çalışmada kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu | 257 |
| Tablo 51. | Çalışmada kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği on altıncı öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu | 258 |

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Fen bilimleri; canlı ve cansız varlıkları ve bunlar arasındaki ilişkileri sebep ve sonuçlarıyla tartışarak ortaya koymaya çalışan bir disiplinler topluluğudur. Fen bilimlerinde keşfedilen bilgiler, yaşamı kolaylaştırıcı teknolojiler olarak topluma yansıyabilmektedir. Fen bilimleri bu yönüyle teknolojinin esas kaynağı olup, ülkelerin gelişmesinde ve ekonomik kalkınmasında önemli bir yere sahiptir. Bundan dolayı ülkeler, bilimsel ve teknolojik gelişmelerden geri kalmamak, ilerlemenin sürekliliğini sağlamak ve üretken bireyler yetiştirmek amacıyla fen bilimleri eğitimine özel bir önem vermektedirler (Colletta ve Chiappetta, 1989; Ayas, 1995; Kurbanoğlu ve Akkoyunlu, 2001).

Çağımızda, fen bilimleri eğitime önem verilmesinde büyük rol oynayan olaylardan biri; Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin 1957'de ilk yapma uydu olan Sputnik I' i uzaya fırlatmasıyla özellikle batılı ülkeler arasında başlayan bilimsel ve teknolojik yarışır. Bu durum, Amerika Birleşik Devletleri'nin bilimsel açıdan Sovyetlerin gerisinde kaldığı yorumlarına neden olmuştur. Bu olaya, fen bilimleri alanında öğrencilere yeterli bilgi ve becerileri kazandıramayan okullar neden olarak gösterilmiştir. Bunun hemen ardından, özellikle ABD'deki okul programlarında fen bilgisi, matematik ve teknoloji konularına ağırlık verilmiştir (Erden, 1998). Ayrıca, o zamana kadar benimsenen ve öğrencilere daha fazla bilgi verilmesini amaçlayan ilerlemeci eğitim felsefesinin öğrencilerin temel becerilerini geliştirmede yetersiz kaldığı düşünülerek, temel kavramların öğrencilere verilmesi ilkesine dayanan esasıcı felsefeye dayalı yeni fen programları geliştirilmeye başlanmış ve fen bilimleri alanında bir çok yeni proje ortaya konulmuştur (Pode, 1966; Erden, 1998; Küçükahmet, 1998; Gezer vd., 2003). Diğer alanlara paralel olarak kimya alanında da; CHEM Study, CBA ve Nuffield Projeleri gibi yeni programlar geliştirilmiştir. Geliştirilen bu fen programlarının yapısı incelendiğinde, daha çok kavram öğretiminin ön plana çıkarıldığı görülmektedir (Colletta ve Chiappetta, 1989; Azar, 2001, Çepni, 2005). Bu durum, kavram öğretimi konusunda yapılan araştırmalar ile de desteklenmiş ve artan mevcut bilgi birikiminin tamamının öğretilmesinin zor olduğu, bunun yerine temel kavramların ve öğrenme yollarının öğretilmesi gerektiği görüşü eğitimcilerin çoğu tarafından savunulmuştur (Ayas, 1995;

Varış, 1996; Demirel, 1998). Bu düşünce özellikle 1980'li yılların sonlarına doğru Türkiye'de de kabul görmüş, ülkemizde kavram öğretimine verilen önem ve bu konuda yapılan çalışmaların sayısı giderek artmıştır (Ayas, 1995; Çepni, 2005; Özmen, 2002; Ünal vd., 2004; Coştu, 2006, Saka, 2007). Bu durum, kavram, kavram öğretimi, kavram yanlışları, kavram yanlışlarının giderilmesi gibi yeni araştırma alanlarını ortaya çıkarmıştır.

Kavramlar; olayları, insanları ve düşünceleri benzerliklerine ve farklılıklarına göre gruplandırdığımızda, bu gruplara verdiğimiz adlardır. Kavramlar somut eşya, olay veya varlıklar değil, onları belirli gruplar altında topladığımızda ulaştığımız soyut düşünce birimleridir (Hewson ve Hewson, 1984; Ayas vd., 1997). Ancak kavramlar, bireyin zihninde sadece öğrenme ortamında öğretmenler tarafından sunulan bilgiler vasıtasıyla oluşmazlar. Öğrencilerin çevrelerinde meydana gelen olayları yorumlamalarına ve çevrelerinde bulunan diğer bireylerle etkileşim içerisinde bulunmalarına bağlı olarak da oluşabilmektedirler. Öğrencilerin bu türden deneyimleri kavramları yanlış olarak yapılandırmalarına neden olabilmektedir (Hewson ve Hewson, 1984; Treagust, 1988; Palmer, 2001). Öğrencilerin öğrenme ortamına gelmeden veya öğretim ortamındaki deneyimleri sonucunda oluşturmuş oldukları yanlışlı düşünceler literatürde; “kavram yanlışlığı (misconception)” (Helm, 1980), “alternatif yapılar (alternative frameworks)” (Driver ve Easley, 1978; Driver, 1981), “çocukların bilimi (children's science)” (Gilbert vd., 1982a), “ön kavramlar (preconceptions)” (Novak, 1977), “genel duyu kavramları (common sense concepts)” (Halloun ve Hestenes, 1985), “sezgisel inanışlar (intuitive beliefs)” (McCloskey, 1983) ve “kendiliğinden oluşan bilgiler (spontaneous knowledge)” (Pines ve West, 1986) gibi birçok terimle ifade edilmektedir. Bu tür kavramalar, her ne kadar fen bilimciler tarafından bilimsel olarak kabul görmese de, çocuğun bakış açısına göre mantıklı olduklarından zihinlerine iyice yerleşmiş durumdadırlar (Gilbert vd, 1982b). Ayrıca bu türden kavramalar, öğrencilerin sonraki öğrenmelerini ve zihinlerinde yeni ve doğru kavramları geliştirmelerini olumsuz yönde etkilemektedir (Gilbert ve Watts, 1983; Andersson, 1986; Griffiths ve Preston, 1992). Bundan dolayı etkili kavram öğretiminin gerçekleştirilebilmesi sürecinde ilk adım; öğrencilerin sahip oldukları ön bilgilerin ve varsa yanlışlı fikirlerin belirlenmesidir. Diğer tüm fen alanlarında olduğu gibi, kimya alanında da öğrenci yanlışlarının oldukça yaygın olduğu bilinmektedir (Hand, 1989; Garnett ve Treagust, 1992; Tan ve Treagust, 1999; Nicoll, 2001).

Kimya konuları genel olarak maddenin iç yapısıyla ilgili olduğundan bir çok soyut kavramı içerir. Bu nedenle öğrencilerin kimya dersindeki kavramları zihinlerinde yapılandırmaları, diğer doğa bilimlerindeki kavramları zihinlerinde yapılandırmalarından çok daha zor ve karmaşıktır (Johnstone, 1991). Aslında, Johnstone (1982)'un çalışması öğrencilerin farklı kimya konularıyla ilgili yanlışlara sahip olmalarının başlıca nedenini ortaya koymaktadır. Johnstone (1982)'a göre kimyadaki kavramlar ve olaylar üç farklı düzeyde tanımlanabilir; makroskobik, mikroskobik ve sembolik. Makroskobik düzey öğrencilerin günlük hayatta karşılaşabilecekleri gözlemlenebilir kimyasal olayları içerir. Mikroskobik düzey doğrudan gözlemlenemeyen elektron, molekül ve atom gibi parçacıkları ve bunlar arasındaki etkileşimleri kapsar. Sembolik düzey ise kimyasal olayların sayısı, formül, model, veya resimlerle ifade edilmesidir. Bu üç düzey birbiriyle doğrudan ilişkilidir ve öğrencilerin bir kimyasal olayı tam olarak yapılandırabilmeleri için her üç düzeydeki bilgileri büyük önem taşır (Nakhleh, 1992; Raviolo, 2001). Makroskobik düzeydeki kimyasal olaylar kimya biliminin temelini oluşturur ancak bu olayların açıklamaları genellikle sembolik düzeydeki gösterimlerle ve mikroskobik düzeydeki parçacıkların hareketleri ve birbirleriyle etkileşimleriyle açıklanır. Soyut işlemler aşamasına geçememiş ya da yeni geçmiş öğrencilerin mikroskobik düzeydeki olayları anlamaları ve düzeyler arasındaki ilişkileri doğru kurmaları oldukça zordur. Bu geçişlerin öğretim esnasında yeterince vurgulanmaması ve buna karşılık soyut olan bu kavramları yada olayları anlayamayan öğrencilerin düzeyler arasındaki doğru ilişkileri kuramaması, onların kavram yanlışlarına sahip olmalarına neden olmaktadır (Hewson ve Hewson, 1984; Andersson, 1990; Nakhleh, 1992; Schoon ve Boone, 1998; Ayas ve Demirbaş, 1997). Birçok kimya konusuyla ilgili öğrenci anlamaları üzerine yapılan çalışmalar bu ifadeyi destekler niteliktedir. Son yirmi yılda, kimyanın farklı konularındaki öğrenci anlamaları üzerine çok sayıda çalışma yapılmış ve hemen hemen tüm öğrenim düzeyindeki öğrencilerde birçok kavram yanlışlığı tespit edilmiştir (Gorodetsky ve Gussarsky, 1986; Mak ve Young, 1987; Hand, 1989; Renström vd., 1990; Zoller, 1990; Bar ve Travis, 1991; Haidar ve Abraham, 1991; Garnett ve Treagust, 1992; Griffiths ve Preston, 1992; Hesse ve Anderson, 1992; Quilez ve Solaz, 1995; Staver ve Lumpe, 1995; Tan ve Treagust, 1999; Ebenezer ve Fraser, 2001; Nicoll, 2001).

“Kimyasal Bağlar” konusundaki kavramlar kimya programlarında öğretilen diğer birçok kavram için temel oluşturmaktadır. Kimyasal reaksiyonlar, maddenin yapısı, fiziksel ve kimyasal değişme, hal değişimi, kimyasal reaktivite ve termodinamik gibi

birçok konunun anlaşılabilmesi için kimyasal bağlar konusundaki kavramların doğru olarak yapılandırılması gerekmektedir (Nicoll, 2001). Bu yönüyle kimyasal bağlar konusu kimya programında merkezi bir konuma sahiptir (Nicoll, 2001; Eschach ve Garik, 2001). Ancak kimyasal bağlar konusundaki kavramlar öğrencilerin günlük yaşantılarında karşılaştıkları olaylardan veya çevreleriyle etkileşimleri sonucu sahip olabilecekleri deneyimlerden çok uzak ve soyutlardır (Birk and Kurtz, 1999; Tan ve Treagust, 1999). Öğrenciler elektron, atom, molekül gibi taneciklerin yapısını ve birbirleriyle etkileşimlerini gözlemleyemezler. Bu durum pek çok öğrencinin bu konudaki kavramları anlamada güçlüklerinin olmasına ve kavram yanlışlarına sahip olmasına neden olmaktadır (Nicoll, 2001; Griffiths ve Preston, 1992; Tan ve Treagust, 1999). Gerek yurtdışında ve gerekse Türkiye’de kimyasal bağlar konusundaki kavramları anlama düzeylerini belirlemek için birçok araştırma yapılmış ve öğrencilerin çok sayıda kavram yanlışlığına sahip oldukları ortaya çıkmıştır (Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Hapkiewicz, 1991; Tan ve Treagust, 1999; Barker ve Millar, 2000; Nicoll, 2001; Ünal vd., 2002; Niaz, 2001, Coll ve Treagust, 2003; Ünal vd., 2006). Tüm bu araştırmaların sonuçları, kavram öğretiminin etkili yapılamadığına açıkça işaret etmektedir.

Fen bilimleri öğretiminin amacı sadece bilgilerin kazanılması değil, kavramlar ve alt kavramlar arasındaki ilişkilerin gelişimi süresince öğrencilere yardım edebilecek modellerin de geliştirilmesidir. Bunun sağlanabilmesi için; öğrencilerin kavramlar hakkındaki mevcut bilgi birikimlerinin ortaya çıkartılması gerekmektedir (Ebenezer ve Fraser, 2001; Akdeniz vd., 2000; Ayas, 1993). Ancak, etkili kavram öğretimini sağlamak için öğrencilerin ön bilgilerini ve kavram yanlışlıklarını belirlemek tek başına yeterli değildir. Bu sadece öğretim süreci öncesindeki ilk aşamadır. Öğretim süreci içerisinde de, öğrencilerin sahip oldukları belirlenen yanlışlıkları dikkate alan, bunların giderilmesini veya ortadan kaldırılmasını amaçlayan modellere yer verilmesi gerekmektedir. Özellikle son zamanlarda etkili kavram öğretimini sağlamada temel alınan yaklaşımlardan biri, kavramsal değişim yaklaşımıdır (Posner vd., 1982; Hynd vd., 1994; Chambers ve Andre, 1997). Posner vd. (1982) tarafından ortaya konulan bu yaklaşımda öğrencilerin mevcut bilgileri ön planda tutulmakta ve öğretim etkinlikleri bu bilgiler dikkate alınarak hazırlanmaktadır. Kavramsal değişim yaklaşımı çerçevesinde farklı öğretim yöntem ve teknikleri kullanılmaktadır (Guzzetti vd., 1992; Hynd vd., 1994; Chambers ve Andre, 1997; Özdemir, 1998; Case ve Fraser, 1999; Çil, 2000; Yürük, 2000; Köse, 2004). Bunlar; analogiler ve açıklayıcı modeller (Brown, 1994; Dagher, 1994), kavramsal değişim

metinleri (Hynd ve Alverman, 1986; Chambers ve Andre, 1997; Yürük, 2000), kavram haritaları (Regis vd., 1996; Karamustafaoğlu vd., 2002), somut aktiviteler (Case ve Fraser, 1999), bilgi işlem becerileri (Doğruöz, 1998), öğrencilerin yazılı cevapları (Fellows, 1994), bilgisayar destekli eğitim (Hameed vd., 1993) ve tartışma (Guzzetti vd., 1992) olarak sıralanabilir.

Kavramsal değişim için kullanılan tekniklerden biri, yukarıda da belirtildiği gibi, bilgisayar destekli öğretimdir. Bilgisayar Destekli Öğretim (BDÖ); sınıf ortamında ders içeriklerinin sunulması, başka yöntemlerle öğretilenlerin tekrar edilmesi, problem çözümü ve alıştırmaya yapma gibi farklı amaçlarla bir öğretim aracı olarak bilgisayardan faydalanılmasıdır (Yalın, 2002; Özmen, 2004). BDÖ'nün; öğretim sürecini ve öğrenci motivasyonunu güçlendirme, öğrencinin bireysel olarak ve kendi öğrenme hızına göre öğrenmesine olanak sunma ve interaktif öğrenme ilkelerinin sağlanması durumunda öğrenciye kendi öğrenmesinde aktif olarak rol alma imkanı sunma gibi birçok avantajı bulunmaktadır (Şahin ve Yıldırım, 1999; Geban ve Demircioğlu, 1996). BDÖ uygulamalarında özellikle soyut kavramlarla ilgili animasyon ve simülasyonların kullanılması, öğrencilerin anlamakta güçlük çektikleri kavramları zihinlerinde daha kolay yapılandırmalarını sağlamaktadır (Demirci, 2003). BDÖ'nün bu özellikleri düşünüldüğünde, tekniğin öğrenciler tarafından anlaşılması güç olan ve soyut kavramları içeren fen dersleri için oldukça elverişli olduğu söylenebilir. Bu durum, BDÖ'nün farklı konulardaki öğrenci başarısını arttırmadaki etkisinin yanında, kavram yanlışlarının giderilmesinde de geleneksel öğretim yöntemlerine nazaran daha etkili olduğunu ifade eden birçok çalışmanın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir (Ertepinar vd., 1998; Akdeniz ve Yiğit, 2001; Yiğit ve Akdeniz, 2003; Özmen ve Kolomuç, 2004; Coştu vd., 2002a). Ayrıca, karşı görüşler olmasına rağmen, bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin derse karşı tutumları üzerine de olumlu katkılar sağladığı ilgili literatürde sıklıkla ifade edilmektedir (Geban vd., 1992; Hounshell ve Hill, 1989; Korfiatis, vd., 1999; Saka ve Akdeniz, 2006).

BDÖ'nün yanı sıra, öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarını gidermek ve onların yanlışlı fikirlerini bilimsel olarak kabul edilen anlamalarla değiştirmek için eğitim araştırmalarında sıklıkla faydalanılan bir diğer yöntem ise; kavramsal değişim metinleridir (Hynd ve Alvermann, 1986; Maria ve MacGinite, 1987; Alvermann ve Hague, 1989; Wang ve Andre, 1991; Guzzetti vd., 1993; Chambers ve Andre, 1997; Beeth, 1998;

Mikkila, 2001). Kavramsal değişim metinleri öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının farkında olmalarını sağlayan, bu fikirlerin neden yanlış olduğunu örnekleri ve gerekçeleri ile açıklayan, onlara önceki fikirlerinin karşılaştıkları yeni olayları açıklamada yetersiz kaldığını hissettirerek bilimsel olarak kabul edilen doğru kavram veya fikri sunan yazılı dökümanlardır (Hynd ve Alvermann, 1986; Maria ve MacGinite, 1987; Chambers ve Andre, 1997; Geban ve Bayır, 2000; Guzzetti vd., 1992). Kavramsal değişim metinleri genellikle “öyküsel” ve “açıklayıcı” olmak üzere iki farklı şekilde hazırlanabilir ve kullanılabilir. Literatürdeki araştırmalarda daha çok, açıklayıcı kavramsal değişim metinleri kullanılmaktadır (Hynd vd., 1994; Chambers ve Andre, 1997; Guzzetti vd., 1997). Ancak az da olsa literatürde öyküsel kavramsal değişim metinleri de yer almaktadır (Guzzetti, 2000; Guzzetti vd., 1997). Literatürde kavramsal değişim metinlerinin öğrenci başarısına, tutumu vs. üzerine olumlu etkiler sağladığı gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (Hynd ve Alverman, 1986; Guzzetti vd., 1993; Chambers ve Andre, 1997).

Ülkemizdeki kimya öğretmenlerinin çoğunluğu etkili kavram öğretimini sağlamak amacıyla, kendi kişisel deneyimlerine bağlı olarak geliştirdikleri yöntem ve teknikleri kullanmaktadır (Ayas, 1993; Coştu vd., 2002b; Coştu vd., 2003). Literatürde bu durumun başlıca nedenleri arasında; mevcut programın öğrencilerin ön bilgilerini ve kavram yanlışlarını dikkate almaması ve öğretmenlere öğretim sürecinde bu kavram yanlışlarını nasıl giderilebilecekleri konusunda rehber olabilecek dökümanları içermemesi ifade edilmektedir. Birçok ülkede programlara paralel olarak geliştirilen, öğretmenlerin ve öğrencilerin sınıf ortamında kullanabilecekleri yardımcı rehber materyallere önem verilmekteyken, ülkemizdeki ortaöğretim programlarındaki konuların öğretimine yönelik hazırlanmış bu tür düzenlemelere rastlanılmamaktadır (Ayas vd., 1999; Özmen, 2002, Ünal vd., 2004).

İlgili literatürde öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki kavramlara ilişkin yanlışlarını rapor eden çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, öğrencilerin bu yanlışlarını gidermeyi amaçlayan öğretim materyallerinin geliştirilip denendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Kimyanın farklı konularındaki öğrenci yanlışlarının giderilmesinde veya öğrenci başarısının artırılmasında bilgisayar destekli öğretim materyalleri ve kavramsal değişim metinleri kullanılmış ve genellikle olumlu sonuçlar rapor edilmiştir (Hynd ve Alverman, 1986; Maria ve MacGinite, 1987; Guzzetti vd., 1993; Chambers ve Andre, 1997). Ancak, literatürde kimyasal bağlar konusunun kavramsal değişim metinleri ve bilgisayar destekli materyalle öğretiminin öğrencilerdeki kavram

yanılgılarını düzelterek kavramsal değişimi sağlamada ve gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığında ne derece etkili olduğunu araştıran bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle, kavramsal değişim metinleri ve bilgisayar destekli öğretim materyalinin öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki yanılgılarını düzeltmede, kavramsal değişimi sağlamada ve sağlanan kavramsal değişimin kalıcılığında ne ölçüde etkili olduğunun araştırılmasına ihtiyaç vardır.

1. 2. Araştırmanın Problemi

Fen öğretiminin kalitesini artırmak, ancak etkili kavram öğretimiyle olasıdır (Ayas, 1995; Ayas vd., 2001a; Ünal vd., 2004). Öğrenciler, temel kavramları ve bunlar arasındaki ilişkileri anlamlı olarak öğrendiklerinde daha ileri ve karmaşık konuları daha kolay öğrenirler (Comber, 1983; Briggs ve Holding, 1986; Griffiths ve Preston, 1992; Ayas ve Sağlam, 1998; Öztaş ve Öztaş, 1998; Akdeniz vd., 2000; Çepni vd., 2000; Tekkaya vd., 2000). Ancak ülkemizde, özellikle ortaöğretim seviyesinde, etkili kavram öğretimi sağlayabilecek çağdaş öğretim yöntemlerinin kullanılmadığı birçok çalışmada ifade edilmektedir (Ayas, 1993; Çepni, 1993; Akdeniz, 1993; Coştu vd., 2003). Diğer alanlarda olduğu gibi fen öğretiminde de çoğunlukla öğrencilerin pasif alıcılar olarak düşünüldüğü geleneksel yöntemler kullanılmaktadır (Ünal, 1993). Bu yöntemlerin kullanıldığı öğretim sürecinde kavramlardan ve kavramlar arasındaki ilişkilerden daha çok işlemsel becerilere önem verilmektedir. Bu durum, konu ya da kavramları tam anlamayan ancak okuldaki sınavlarda veya testlerde başarılı olan öğrencilerin yetişmesine neden olmaktadır (Marek, 1986; Raviolo, 2001; Nakhleh, 1992). Çoğu öğrenci, derste öğrendiği bilgileri zihninde birbirinden bağımsız bilgi parçaları olarak ayrı ayrı tutmakta ve aralarındaki ilişkilendirmeyi yapamamaktadır (Van Orden, 1990; Pınarbaşı ve Canpolat, 2003). Bu durum öğrencilere ezbere yönlendirmekte, dolayısıyla öğrenme kalıcı olmamaktadır (Pınarbaşı ve Canpolat, 2003; Özmen ve Ayas, 2003; Çalık ve Ayas, 2004; Coştu ve Ayas, 2005; Çalık ve Ayas, 2005). Bu yüzden, etkili kavram öğretiminin gerçekleştirilebilmesi için, çağdaş yaklaşımları temel alan ve yeni öğretim yöntem ve tekniklerinin kullanıldığı öğretim materyallerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Kimya derslerinde kullanılan kitaplar çoğunlukla bilgi verici ve açıklayıcı niteliktedir (Diakidoy vd., 2003). Öğrencilerin konuyu anlamak için gerekli ön bilgi ve kavramlarının zaten mevcut ve doğru olduğu varsayılır (Kim ve Van Dusen, 1998; Spilich

vd., 1979). Öğrenmenin, yeni kavramlar ile mevcut kavramlar arasındaki karşılıklı ilişkinin bir ürünü olduğu düşünüldüğünde, öğretim sürecinde öğrencilerin bilişsel yapılarını, mevcut bilgi, tutum ve deneyimlerini dikkate alan öğretim yöntemlerine dayandırılmış, öğrencilerin kaynak olarak başvurabileceği alternatif materyallere gereksinim bulunmaktadır.

Öğrencilerin kavram yanlışlarına yaygın olarak sahip oldukları konulardan biri de; kimyasal bağlar konusudur. Öğrenci bir atomu, onun yapısını ve diğer atomlarla etkileşimlerini gözlemleyemediği için, pek çok öğrencinin kimyasal bağlar konusunu ve bu konudaki kavramları anlamada güçlükleri vardır (Nicoll, 2001; Griffiths ve Preston, 1992; Tan ve Treagust, 1999). Gerek ulusal gerekse uluslar arası literatürde öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki kavram yanlışlarını belirleyen ve bu yanlışları listeleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Peterson ve Treagust, 1989; Peterson vd., 1989; Hapkiewicz, 1991; Griffiths ve Preston, 1992; Tan ve Treagust, 1999; Barker ve Millar, 2000; Nicoll, 2001; Ünal vd., 2002; Niaz, 2001). Öğretmenlerin çoğunlukla düz anlatım ve soru-cevap gibi geleneksel yöntemleri kullandığı (Ünal, 1993; Canpolat, 2002) ve mevcut öğretim yöntemlerinin ve ders kitaplarının öğrencilerin sahip oldukları yanlışların dikkate alınmasında ve giderilmesinde yetersiz olduğu bir çok çalışmada ifade edilmektedir (Yılmaz vd., 1999; Tekkaya, 2002). Bu durum kavramsal değişimi sağlayacak öğretim yöntemlerinin ve materyallerin geliştirilmesine yönelik çalışmalara gereksinim olduğuna işaret etmektedir. Ancak mevcut literatüre bakıldığı zaman, kimyasal bağlar konusundaki kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, yanlışların giderilmesine yönelik çalışmaların oldukça az olduğu görülmektedir. Bu durum, öğrencilerin ön fikirlerini dikkate alan, alternatif kavramsal değişim çalışmalarının yürütülmesini gerekli kılmaktadır.

Yukarıdaki paragraflarda belirtilenler dikkate alındığında özetle, öğrencilerin zihinlerinde yapılandırdıkları kavram yanlışlarını düzeltmeye yönelik materyallerin hazırlanmasının, bu materyallerin konuların öğretimi esnasında kullanılmak üzere öğretmenlere ulaştırılmasının ve bu sayede etkili fen öğretimini sağlamanın oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle kimyasal bağlar konusundaki öğrenci yanlışlarını dikkate alan, öğrencilerdeki kavram yanlışlarını gidererek kavramsal değişimin gerçekleşmesini sağlayan ve bu değişimi kalıcı hale getiren öğretim materyallerinin geliştirilip geliştirilemeyeceği, bu çalışmanın temel problemini

oluşturmaktadır. Bu temel probleme paralel olarak çalışmada aşağıdaki alt problemlere yönelik çözümler araştırılmaktadır:

- Kimyasal bağlar konusunda öğrencilerin sahip olduğu yanlışlar nelerdir, konunun öğretiminde BDÖ ve KDM'nin birlikte kullanılması öğrencilerdeki kavramsal değişimi ne düzeyde etkilemektedir?
- Öğrencilerin öğretim sonrasında gerçekleştirdikleri kavramsal değişim kalıcı mıdır?
- Uygulama öğretmeninin ve öğrencilerin çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin etkililiği hakkındaki düşünceleri nelerdir?

1. 3. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi

Kimyasal bir olayın kavramsal olarak anlaşılabilmesi için makroskobik ve mikroskobik boyuttaki kavramların ve bunlar arasındaki ilişkilerin öğrenciler tarafından doğru yapılandırılması gerekmektedir (Nakhleh, 1992; Raviolo, 2001). Ancak bu sayede anlamlı öğrenme gerçekleşebilir. Bu nedenle soyut olan kavramların ve kimyasal olayların modellenerek somutlaştırılmasını ve öğrenciler tarafından daha kolay anlaşılmasını sağlayan, kavramlara ve kavramlar arası ilişkilere vurgu yaparak etkili kavram öğretimini amaçlayan geleneksel yöntemlerin haricinde yeni ve çağdaş yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada soyut kavramları ve açıklamaları içeren kimyasal bağlar konusundaki öğrenci anlamalarını geliştirmek için, bilgisayar destekli bir öğretim materyali geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bu materyal öğrencilere soyut olan bu kavramları ve gözlemleyemedikleri mikroskobik etkileşimleri animasyon ve simülasyonlarla zihinlerinde daha kolay canlandırabilme imkanı sunmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada esas alınan öğretim yöntemi makroskobik boyutta gerçekleşen olayların mikroskobik boyuttaki hangi etkileşimler ve olaylar sonucu olduğunu öğrenciye görsel olarak sunması, makroskobik ve mikroskobik dünyadaki kavramlar ve olaylar arasındaki ilişkileri öğrencilerin doğru olarak yapılandırabilmelerine imkan vermesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Fen eğitiminde yapılan birçok çalışma öğrencilerin sahip oldukları ön bilgilerin öğretim öncesinde belirlenmesinin ve öğretimin buna göre düzenlenmesinin önemine değinmektedir (Hengriques, 2000). Çünkü öğrencilerinin sahip olduğu ön bilgilerin farkında olan öğretmen, vermek istediği yeni kavram veya kavramları onların önceden

sahip oldukları kavramlarla ilişkilendirerek öğrencilerinin öğrenmelerini ve yeni bilgileri yapılandırmalarını kolaylaştıracaktır (Treagust, 1988; Boo, 1998; Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust; 1989). Bu çalışmanın ilk aşamasında kimyasal bağlar konusundaki kavramlara ilişkin öğrencilerin sahip oldukları ön bilgiler tespit edilmiş ve sonrasında bunlar dikkate alınarak uygulanacak öğretimin içeriği ve kullanılacak yöntemler belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmadan elde edilen bulguların özellikle kimya öğretmenlerine derslerini planlarken faydalı olacağına inanılmaktadır.

Ülkemizde kimya öğretmenlerinin çoğunluğunun konuların öğretiminde kendi kişisel deneyimlerine bağlı olarak geliştirdikleri yöntem ve teknikleri kullandıkları (Ayas, 1993; Coştu vd., 2002a) ve buna neden olarak programların bu konudaki eksikliğini gerekçe gösterdikleri bilinmektedir. Öğretim programı; bir dersin genel ve özel amaçlarını, amaçların davranış olarak tanımlarını, davranışların öğrencilere kazandırılması için uygulanacak eğitim durumlarını ve amaçların gerçekleşme derecesini belirleme yollarını gösteren bir kaynak olarak tanımlanmaktadır (Bloom, 1979). Yurtdışında geliştirilen programlarda bu tanımlamaya uygun programlar kullanılmasına rağmen, ülkemizde özellikle ortaöğretim için geliştirilen programlarda bu yöndeki bir düzenlenmeye rastlanılmamaktadır. Ülkemizdeki programlar her bir ders için farklı dönemlerde verilmesi gereken konuların bir listesi olmaktan öteye geçememekte, bu konuların hangi etkinliklerle nasıl öğretilbileceği konusunda herhangi bir yönerge veya doküman içermemektedir (Ayas vd., 1999; Özmen, 2002; Ünal vd, 2004; Coştu, 2006). Bu durum dikkate alındığında, kimya programının öğretmenlerin ve öğrencilerin ihtiyaçlarını yeterince karşılayamadığı söylenebilir. Bu bağlamda, öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki ön bilgileri ve kavram yanılgıları dikkate alınarak hazırlanmış, öğretmen için konunun öğretiminde kullanabilecek materyalleri ve bu materyallerin öğretim sırasında nasıl kullanılacağını içeren, öğrenciler için ise derste kullanabilecekleri farklı materyalleri sunan bu çalışma oldukça önemlidir.

Kimyasal bağ oluşumu, bağlanmayı oluşturan atomlar, bağlanma sonucu oluşan moleküller, bağ yapan atomların özellikleri (elektronegatiflik, çap vb.), moleküllerin özellikleri (türleri, yapıları, geometrileri vb.) ile ilgili kavramlar kimya müfredatında öğretilen diğer bir çok kavramın özünü veya temelini oluşturmaktadır (Tan ve Treagust, 1999; Barker ve Millar, 2000; Niaz, 2001). Bu kavramların anlaşılması maddelerin yapılarının ve özelliklerinin öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılmasına neden olacaktır. Bunun yanında, kimyasal bağ konusu ile ilgili kavramlar; kimyasal reaksiyonlar, reaksiyon

ısıları, çözünürlük ve çözelti entalpileri, kimyasal değişme, hal değişimleri, kimyasal reaktivlik, termodinamik, hidrokarbonlar ve diğer organik maddelerin oluşumu ve yapıları, polimer yapılar ve hidratlaşma gibi çoğu kimya konusunun da temelini oluşturmaktadır (Griffiths ve Preston, 1992; Barker ve Millar, 2000; Nicoll, 2001). Ayrıca sadece kimya konularının değil; özellikle biyoloji olmak üzere diğer fen bilimleri alanlarının anlaşılmasında da merkezi bir öneme sahiptir (Hapkievicz, 1991). Ayrıca üniversite düzeyine gelindiğinde bu kavramlar organik kimyadaki reaktivlikten analitik kimyadaki spektroskopiye kadar pek çok kimya konusunun temelini oluşturmaktadır (Niaz, 2001). Ancak içerdiği kavramların soyut olmasından dolayı “Kimyasal Bağlar” konusunda her yaştaki öğrencilerin çok sayıda ve çeşitli kavram yanlışlarına sahip oldukları birçok çalışmada ifade edilmektedir (Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Hapkievicz, 1991; Tan ve Treagust, 1999; Barker ve Millar, 2000; Nicoll, 2001; Niaz, 2001; Ünal vd., 2002; Ünal, 2003; Coll ve Treagust, 2003; Ünal vd., 2006). Öğrencilerin yeni karşılaştıkları bilgileri önceki bilgileri üzerine yapılandırdıkları düşünüldüğünde, mevcut bilgilerinin içinde kavram yanlışlarının bulunması onların yeni bilgileri zihinlerinde yanlış yapılandırmalarına neden olacaktır (Hewson ve Hewson, 1984). Başka bir ifadeyle; kimyasal bağlar konusundaki kavramlara ilişkin öğrencilerin sahip oldukları yanlışlar, onların yukarıda bahsedilen birçok kimya konusunu ve diğer fen alanlarındaki ilişkili konuları anlayamamalarına veya yanlış anlamalarına neden olabilmektedir (Griffiths ve Preston, 1992; Andersson, 1986; Gilbert vd., 1982b). Kavram yanlışlarının geleneksel öğretim yöntemleriyle değiştirilmeye karşı dirençli oldukları dikkate alındığında (Strike ve Posner, 1976; Osborne ve Cosgrove, 1983; Osborne ve Freyberg, 1996; Guzzetti, 2000), kavramsal değişim metinleri ve bilgisayar destekli öğretim materyali ile öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki anlamalarını geliştirmeyi, onların kavram yanlışlarını belirleyip gidermeyi amaçlayan bu çalışma, aynı zamanda öğrencilerin ilişkili diğer konulardaki anlamalarını da geliştirmesi ve öğrencilerde oluşabilecek yeni kavram yanlışlarının önlenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır.

Literatürde kimya alanında hemen hemen her konuda öğrencilerin kavram yanlışlarına sahip oldukları bilinmektedir. Geleneksel öğretim yöntemlerinin öğrencilerin yanlış anlamalarını gidermede yeterince etkili olamaması (Strike ve Posner, 1976; Hewson, ve Hewson, 1984; Stavy, 1991) kimya eğitimi araştırmacılarını öğrencilerin yanlış anlamalarını değiştirerek onları bilimsel olarak kabul edilebilir anlamalara dönüştürecek öğretim stratejileri geliştirmeye yöneltmiştir (Köseoğlu vd., 2002). Bu bağlamda, bir çok

araştırmacı kavramsal değişimi sağlamada kullanılabilir öğretim stratejilerini önermişlerdir (Brown, 1977; Posner vd., 1982, Hewson ve Hewson, 1984, Driver ve Oldham, 1986, Osborne ve Freyberg, 1996). Gerek ülkemizde ve gerekse yurtdışında çeşitli kavramların öğretimine yönelik yapılan eğitim çalışmalarında kavramsal değişimi gerçekleştirmek amacıyla farklı öğretim stratejileri kullanılmaktadır (Guzzetti vd., 1992; Hynd vd., 1994; Chambers ve Andre, 1997; Özdemir, 1998; Case ve Fraser, 1999; Çil, 2000; Yeşim, 2000; Yürük, 2000). Kavramsal değişim yaklaşımının farklı uygulamaları giriş bölümünde geniş bir şekilde sunulmuştur. Kavramsal değişimi sağlamada etkili olan ve yaygın olarak kullanılan kavramsal değişim metinleri ve bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerdeki kavramsal değişimi gerçekleştirme düzeyini belirlemeyi amaçlayan bu çalışmanın, özellikle öğretmenlere, kimyasal bağlar konusunda kendi öğrencilerindeki kavram yanlışlarını belirlemede ve gidermede nasıl bir öğretim planlamaları gerektiği, hangi materyalleri nasıl kullanmaları gerektiği konusunda büyük katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca çalışmada kavramsal değişim yaklaşımı, bu yaklaşımın özellikleri ve bu yaklaşımda kullanılabilir model ve teknikler hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir. Bu nedenle yapılan bu çalışma, farklı alanlarda çalışan ancak kavramsal değişim yaklaşımını konu alan birçok araştırmacıya da ışık tutması açısından oldukça önemlidir.

Kimyasal bağlar konusundaki öğrenci anlamaları üzerine yapılan bu çalışmada kavramsal değişimi sağlamak için kullanılan tekniklerden ilki Bilgisayar Destekli Öğretim (BDÖ)'dir. Soyut, gözlemlenmesi imkansız veya zor olan kavramların ve kimyasal olayların animasyon ve simülasyonlarla somutlaştırılmasına ve modellenerek gözlemlenebilmesine imkan veren BDÖ, kimya ve diğer fen dersleri için oldukça elverişlidir. Kavramsal değişimi sağlamada yaygın olarak kullanılan BDÖ'nün, öğrencilerin zihinsel gelişimlerine katkıda bulunduğu ve onların fen derslerindeki olumlu tutum ve motivasyonunu artırdığı da bilinmektedir (Hounshell ve Hill, 1989; Geban vd., 1992; Korfiatis, vd., 1999; Saka ve Akdeniz, 2006). Ancak ülkemizde BDÖ için tasarlanmış yazılımların sayısı oldukça azdır (Karataş, 2003; Yılmaz ve Saka, 2004; Çepni vd., 2006). Ayrıca hazırlanan çoğu yazılım; alan bilgisi ve alan eğitim bilgisi sınırlı, öğretmen, öğrenci ve sınıf ihtiyaçlarını bilmeyen bilgisayar uzmanları tarafından geliştirilmekte ve bu nedenle öğrencilerde yeterli başarı düzeyinin oluşturulması sağlanamamaktadır (Ayas vd., 2001b; Kabapınar vd., 2000; Güler ve Sağlam, 2002; Karataş, 2003). Bu çalışmada kullanılan diğer bir teknik de kavramsal değişim metinleriyle öğretimdir. Kavramsal değişim metinleri literatürde öğrencilerin kavram yanlışlarının

giderilmesinde ve kavramsal değişimin sağlanmasında sıklıkla kullanılan en başarılı yöntemlerden bir tanesidir (Hynd ve Alverman, 1986; Maria ve MacGinite, 1987; Guzzetti vd., 1993; Chambers ve Andre, 1997). Öğretmen ve öğrencilerin temel kaynağı olan ders kitaplarında yer alan geleneksel metinlerin kavramsal değişimi sağlamada ve kavram öğretimini sağlamada etkili olmadığı bilinmektedir (Yılmaz vd., 1999; Tekkaya, 2002). Farklı konularda öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarını gidermek amacıyla yapılan çalışmalara bakıldığında farklı kavramsal değişim stratejilerinin tek başına kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan iki yöntemin (BDÖ ve kavramsal değişim metinleriyle öğretim) birbirlerinin eksiklerini gidereceği ve öğrenci anlamalarının geliştirilmesine daha fazla katkı sağlayacağına inanılmaktadır. Çalışmada kimyasal bağlar konusunun öğretimi için geliştirilen bilgisayar destekli materyaller ve kavramsal değişim metinleri sunulduğundan, öğretmenler öğrencilerinin eksikliklerini dikkate alarak materyallerin bir kısmını veya tamamını sınıflarında doğrudan kullanabilme imkanı bulacaklardır. Ayrıca çalışmada sunulan bilgilerle materyal geliştirme süreci hakkında bilgilendirilen ve uygulanan öğretimin kavramsal değişimi sağlamada başarılı olduğunu gören öğretmenler farklı konularda bu tür çabalar içerisine girmeleri için de teşvik edilmiş olacaklardır.

Özetle, kimyasal bağlar konusundaki öğrenci anlamaları üzerine yürütölen bu çalışmanın öğretmenlere ve eğitim araştırmacılarına; kavram yanlışları, kavramsal değişim ve materyal geliştirme konularında faydalı bilgiler sunacağı ve daha sonra yapılacak araştırmalara kaynak teşkil edeceği düşünölmektedir.

1. 4. Araştırmannın Amacı

Bu çalışmada, ortaöğretim kimya programında yer alan “Maddenin Yapısı” ünitesindeki “Kimyasal Bağlar” konusunun kavramsal değişim metinleri ve bilgisayar destekli materyal ile birlikte öğretiminin öğrencilerdeki kavramsal değişimi sağlamada ne derece etkili olduğunu belirlemek amaçlanmıştır.

Araştırmannın alt amaçları ise şunlardır;

- Öğrencilerin “Kimyasal Bağlar” konusundaki kavramlarla ilgili yanlışlarını belirlemek,

- Kimyasal Bağlar” konusunda belirlenen yanılığları dikkate alarak geliştirilen kavramsal değişim metinleri ve bilgisayar destekli öğretim materyallerinin pratikteki uygulanabilirliğini öğretim ve öğrenci görüşleri doğrultusunda tespit etmek,
- Geliştirilen öğretim materyallerinin öğrencilerin kavramsal değişimi geręekleřtirmelerinde hangi düzeyde etkili olduğunu ve kavramsal değişimin kalıcı olup olmadığını belirlemek.

1. 5. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırmanın sınırlılıkları maddeler halinde aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

1. Çalışmanın örneklemini, Trabzon’un Akçaabat ilçesinde bulunan ortaöğretim seviyesindeki bir Müfredat Laboratuvar Okulu’nda öğrenim gören Lise 1 sınıflarından birindeki toplam 30 öğrenci oluşturmaktadır. Bu nedenle araştırmanın sonuçları bu örnekleme sınırlıdır ve genellenmesi amaçlanmamaktadır.
2. Araştırma, Lise 1 kimya dersi konularından sadece kimyasal bağlar konusunun öğretilimi üzerine odaklanmıştır. Araştırmada geliştirilip uygulanan materyallerin kapsamı yalnızca bu konu ve içerisindeki kavramlarla sınırlıdır.
3. Bazı öğrencilerin uygulama süreci boyunca giremedikleri (devamsızlık yaptıkları) dersler, onların araştırılan kavramlarla ilgili anlamalarını ve kavramsal gelişimlerini etkilemiş olabilir.
4. Kimyasal bağlar konusunun 2. dönemin son konusu olması nedeniyle, gecikmiş testin örnekleme uygulanması bir sonraki yılın dönem başına kalmıştır. Arada yaz tatilinin olması, öğrencilerin gecikmiş testteki başarısını olumsuz yönde etkilemiş olabilir.

1. 6. Araştırmanın Varsayımları

1. Öğrencilerin araştırmada veri toplama amacıyla kullanılan test ve mülakatlardaki soruları samimi olarak cevaplandıkları ve kavramsal gelişimlerini belirlemede kullanılan bu cevapların, araştırılan kavramla ilgili anlamalarını tam olarak yansıttığı varsayılmıştır.
2. Çalışma kapsamında yapılan literatür araştırması, kavram yanılgılarının belirlenmesi ve çalışmanın yönteminin sağlam temellere dayandırılması açısından yeterlidir.
3. Araştırmadaki materyallerin geliştirilmesinde alan eğitimcilerinin ve öğretmenlerin görüşlerinden faydalanılması, materyallerin geçerliliğini ve güvenilirliğini artırmıştır.

1. 7. Konuyla İlgili Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde öncelikle kavramsal değişimle ilgili genel bilgiler sunulmuş, kavramsal değişimi sağlamada kullanılan ve bu çalışmada kullanılan kavramsal değişim metinleri ve bilgisayar destekli öğretim hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, literatürde yer alan ilişkili çalışmalar özetlenmiş ve yürütülen çalışmada doğrudan ya da dolaylı olarak faydalanılan hususlara değinilmiştir.

1.7.1. Kavramsal Değişim

Bu bölümde öncelikle kavramsal değişim yaklaşımının ortaya çıkış gerekçelerinden ve teorik temellerinden bahsedilerek, yaklaşım hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiştir. Bu kısımda ayrıca; kavramsal değişimin gerçekleşmesi için gerekli olan koşullardan, kavramsal değişimin gerçekleşme şekillerinden ve kavramsal değişimi engelleyebilecek faktörlerden de bahsedilmiştir. Son olarak ise; kavramsal değişimi sağlayacak öğretimin özellikleri ve farklı kavramsal değişim modelleri açıklanarak, bir öğretim yöntemi olarak kavramsal değişim metinleri hakkında ve bu yöntemi kullanan benzer çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

1.7.1.1. Kavramsal Değişim Yaklaşımının Ortaya Çıkma Gerekçeleri

Literatürde kimyanın hemen hemen her konusunda öğrencilerin anlamaları ve kavram yanılgıları üzerine birçok çalışma bulunmaktadır (Gorodetsky ve Gussarsky, 1986; Hesse ve Anderson, 1992; Quilez ve Solaz, 1995; Ebenezer ve Fraser, 2001; Nicoll, 2001). Bu durum, kimya eğitimcilerini öğrencilerin yanlış anlamalarını değiştirerek onları bilimsel olarak kabul edilmiş anlamalara dönüştürecek öğretim modelleri geliştirmeye yöneltmiştir. Çünkü geleneksel öğretim yöntemlerinin öğrencilerin yanlış anlamalarını gidermede yeterince etkili olmadığı literatürde sıklıkla belirtilmektedir (Hewson ve Hewson, 1984; Stavy, 1991). Kavramsal değişim yaklaşımının ortaya çıkma gerekçeleri şöyle özetlenebilir:

1. Öğrenciler girdikleri her bir fen dersini birbirinden bağımsız olarak düşünmekte ve birbiriyle ilişkisini kuramamaktadır (Osborne ve Wittrock, 1983)
2. Ders kitaplarında yeni bir konu sunulurken, öğrencilerin daha önce işlenen ilişkili konuları bildiği varsayılmakta ve öğrencilerin konuyla ilgili ön fikirleri dikkate alınmamaktadır (Spilich vd., 1979; Kim ve Van Dusen, 1998)
3. Öğrenciler kendi bilgilerini kendileri yapılandırarak için; bu bilgilerin yanlış olduğunu kolay kabullenemedikleri, etraflarında gerçekleşen olayları açıklamada kullandıkları ve kendilerine göre mantıklı olan bu bilgilerini değiştirmek istemedikleri bilinmektedir (Bodner, 1990; Coll ve Treagust, 2001)
4. Öğrencilerin fikirlerinin yanlış olduklarını kendi başlarına fark edemedikleri, fikirlerinin yanlış olduğunu fark etseler bile bu düşüncelerini kendi başlarına değiştiremedikleri savunulmaktadır. Böyle bir durumda öğrencilere yardımcı olması gereken öğretmenler ve okul derslerinin, onlara fazla yardım edemediği ve geleneksel öğretimin öğrencilere bu şansı sağlamadığı yönünde bilgiler mevcuttur (Tytler, 2002).
5. Öğrencilerin çoğu zaman yeni bilgileri öncekilerle ilişkilendirmeden parça parça zihinlerinde tuttıkları bilinmektedir (Yager, 1991; Haidar, 1997). Ancak, yine de sahip oldukları her bilgi yeni bir kavramı yapılandırırken etkili olmaktadır (Bodner, 1990). Özellikle sahip oldukları kavram yanılgıları birbirleriyle karşılıklı etkileşim içerisinde olmakta, bu durum onların sonraki öğrenmelerini etkilemekte ve doğru

kavramaları zihinlerinde yapılandırmalarına engel teşkil etmektedir (Hewson ve Hewson, 1984; Schmidt, 1997; Kabapınar, 2001).

6. Öğrencilerin bilişsel sistemlerinde her kavram bir konuma sahiptir ve bu konum o kavramın anlaşılır (açık), mantıklı ve uygulanabilir olması ile ilişkilidir. Öğrencilerin mevcut fikirleri ve kavramları, bilimsel olmasalar bile, onların dünyanın nasıl işlediğini anlamalarına ve dünya üzerinde yaşamalarına yardım ettiğinden dolayı, bazen bu kavramlar diğer kavramlardan daha üstün bir konumda yer alabilir (Stavy, 1991; Hewson vd., 1998).
7. Öğrencilerin sahip olduğu kavram yanılgıları geleneksel öğretim sonrasında değişmemektedir (Strike ve Posner, 1976; Osborne ve Cosgrove, 1983; Westbrook ve Marek, 1991; Garnett ve Treagust, 1992; Nakhleh, 1992; Yılmaz vd., 1999).

1.7.1.2. Kavramsal Değişimin Teorik Temelleri

Bölüm 1.7.1.1’de bahsedilen gerekçeler kavramsal değişim alanında birçok çalışmanın doğmasına neden olmuştur. Bu bağlamda araştırmacılar, yanlış anlamaları bilimsel olarak kabul edilebilir anlamalara dönüştürebilecek özelliklere sahip öğretim modelleri önermişlerdir (Driver, 1981; Posner vd., 1982, Hewson ve Hewson, 1984, Driver ve Oldham, 1986; Osborne ve Freyberg, 1996). Bu tür öğretim modellerinde amaç; öğrencilerin sahip olduğu yanlış anlamaları, bilimsel olarak kabul edilen anlamalar ile değiştirmek olduğu için bu yöndeki çalışmalar *kavramsal değişim* başlığı altında toplanmıştır. İlk kavramsal değişim modeli Posner vd. (1982) tarafından öne sürülmüştür. 1980’lerin ilk yıllarında Cornell Üniversitesi’ndeki bir grup fen eğitimcisi ve bilim felsefecisi kavramsal değişim teorisini geliştirmişlerdir (Posner vd., 1982). Bu teori Piaget’in *dengesizlik (disequilibrium)* ve *yerleştirme (accomodation)* fikirleri ile Thomas Kuhn’un *bilimsel devrim (scientific revolution)* tanımlamaları üzerine kuruludur. Kuhn (1962)’a göre bilimsel devrim şu aşamalar dahilinde gerçekleşir öncelikle var olan başat paradigma, birey veya bilimsel topluluk tarafından karşılaşılan önemli bir problemin üstesinden gelmek için gerekli çözüm ve açıklamaları sağlayamaz ve bir *kriz durumu (state of crisis)* oluşur (Harmon, 1970). İkinci olarak bu problemleri çözebilecek güce sahip alternatif bir paradigma ortaya çıkar. Dolayısıyla problemleri çözebilecek bu yeni paradigmanın varlığı, onun önceki paradigma ile değiştirilmesi olasılığını artırır.

İlk kavramsal değişim modelinden sonra Hewson (1981, 1982, 1985), Hewson ve Hewson (1984) ve Strike ve Posner (1992) tarafından bu model üzerinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Hennessey (1993) ise bu modeli sınıfta öğretim amaçlı kullanmıştır. Geliştirilen farklı kavramsal değişim modellerinden Bölüm 1.7.1.7’ de daha detaylı olarak incelenmiştir.

1.7.1.3. Kavramsal Değişim İçin Yapılan Tanımlar

Posner vd. (1982) kavramsal değişimin tam bir tanımlamasını yapmamışlar ancak kavramsal değişim için gerekli koşullardan bahsetmişlerdir. Onlara göre, bir öğrencinin mevcut kavramsal ekolojisi (conceptual ecology) kavramsal değişim modelinin esasıdır. Çünkü öğrenciler sahip oldukları kavramlar olmadan yeni bir konu hakkında soru soramazlar, bu soruyu cevaplamak için gerekli bilgilerin neler olduğuna karar veremezler veya konuyla ilişkili olan ve olmayan özellikleri birbirinden ayırt edemezler (Posner vd., 1982).

Birçok eğitim araştırmacısı ve teoriyken kavramsal değişimi tanımlamaya ve açıklamaya çalışmıştır. Wang ve Andre (1991)’ye göre kavramsal değişim; sahip oldukları alternatif kavramları bilimsel olarak kabul edilen kavramlara doğru düzeltmesi hususunda öğrencileri cesaretlendiren alternatif bir yaklaşımdır. Vosniadou (1994) kavramsal değişimi, öğrencilerin mevcut bilişsel yapılarını kullanarak zihinlerindeki modelleri sentezlemelerini sağlayan bir süreç olarak tanımlamaktadır. Mortimer, Vosniadou’nun bu tanımını eleştirmiştir. Çünkü Mortimer (1995)’e göre farklı alanlarda ve konularda farklı düşünce yolları mümkündür. Bir anlamın yapılandırılması süreci her zaman önceki kavramsal yapının üzerinde ve onunla ilişkili olarak gerçekleşmeyebilir. Bazen bir anlamın yapılandırılması önceki kavramsal yapıdan bağımsız olarak da gerçekleşebilir.

Chi ve Roscoe (2002) kavramsal değişimi, kavram yanlışlarının düzeltilmesi olarak tanımlamaktadırlar. Öğrenciler günlük yaşantılarında sahip oldukları deneyimleri ve çevreleriyle etkileşimleri sonucu kazandıkları doğru olmayan bilgilerden başlayarak, kavram yanlışlarının farkına varmalı ve onları düzeltmelidirler. Kavram yanlışlarını “kavramların yanlış sınıflandırılması” şeklinde tanımlayan bu görüşe göre kavramsal değişim “kavramların doğru kategorilere yeniden yerleştirilmesi” olarak tanımlanmaktadır.

1.7.1.4. Kavramsal Değişimin Gerçekleşmesi İçin Gerekli Dört Koşul

Posner vd. (1982), Kuhn (1962)'un *bilimsel devrimler* hakkındaki fikirlerinden yola çıkarak bireysel öğrenmelerin nasıl gerçekleştiğini irdelemişler ve kavramsal değişimin gerçekleşmesi için aşağıda belirtilen şartların yerine getirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bunlar;

- a) Öğrenciler mevcut kavramlarının olayları açıklamadaki yetersizliğini hissetmelidir;

Öğrenciler ön bilgi ve deneyimlerine bağlı olarak yapılandırmış oldukları ve onların bakış açılarına göre mantıklı olan yanlış kavramlarını doğrularıyla değiştirmede çoğu zaman isteksiz kalabilirler. Eğer öğrencinin mevcut fikirleri ve anlamaları verilen bir konuyu anlamak için yeterli ve tatmin edici ise öğrencinin yeni kavramı kabul etmesi daha az olasıdır. Kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için öğrencilerin mevcut kavramlarının olayları açıklamada yetersiz oldukları onlara hissettirilmelidir. Aksi takdirde öğrenciler kendilerine verilen yeni bilgiyi sorgulamak istemeyeceklerdir. Bu türden bir tatminsizlik oluşturmak için genellikle öğrencilerin zihinlerinde çelişkili bir durum oluşturulmaya çalışılması gerekmektedir. Bu çelişki literatürde *kavramsal çelişki* (conceptual conflict) veya *bilişsel çelişki* (cognitive conflict) olarak adlandırılmaktadır. Öğrencide kavramsal çelişkinin meydana gelebilmesi için; hem sahip olduğu hem de yeni karşılaştığı kavram veya fikrin onun için açık ve anlaşılır olması ve bu iki kavram arasında karşılaştırmalar yaparak aralarındaki çelişkilerin farkına varması gerekmektedir (Posner vd., 1982; Hewson ve Hewson, 1984).

- b) Yeni kavram açık ve anlaşılır olmalıdır;

Öğrenci öncelikle yeni kavramın ne anlam ifade ettiğini kolaylıkla anlayabilmelidir. Yeni kavram açık ve anlaşılır olmalıdır. Ancak bu durumda öğrenci yeni kavramın karşılaşılan problemlere nasıl çözüm getirebileceğini anlayabilecektir (Posner vd., 1982; Hewson ve Hewson, 1984).

- c) Yeni kavram mantıklı (akla yakın ya da inandırıcı) olmalıdır;

Bir öğrenci yeni bir kavramın mantıklı olup olmadığını belirleyebilmek için öncelikle onun anlamını bilmelidir (yani onu anlaşılır bulmalıdır). Kavramı açık ve net olarak anlayan öğrenci, ancak anladıktan sonra onun karşılaştığı problemlere çözüm

olabilecek potansiyel doğru olduğuna inanacaktır. Bilindiği üzere birey, kavramlarla ilgili kazandığı bilgi ve deneyimlerini dikkate alarak zihninde sürekli sorular ve problemler oluşturmaktadır. Yeni verilecek kavram ve kavramla ilgili öğrencilere kazandırılacak deneyimler, bu türden problemlerin tümüne çözüm getirebilecek düzeyde olmalıdır. Ayrıca yeni verilecek kavramın, öğrencinin zihnindeki diğer bilgiler ve kavramlarla da uyum göstermesi gerekmektedir. Bunların sağlanması koşuluyla yeni kavram öğrenci tarafından kabul edilebilir (Posner vd., 1982; Hewson ve Hewson, 1984).

d) Yeni kavram faydalı olmalıdır;

Yeni kavram faydalı ve farklı durumlara uygulanabilir olmalıdır. Mevcut problemi çözmekten yada sorulara cevap vermekten daha fazlasını yapabilmeli ve yeni durumları açıklamada da kullanılabilir olmalıdır. Bireyin ilgili alanda yeni deneyimler kazanmasına ve o alanda araştırmalar yapmasına imkan sağlamalıdır. Yeni kavram çeşitli şekillerde bireye faydalı olabilmelidir: Daha önce öğrenci tarafından kavramla ilgili çözülemeyen problemleri çözebilmeli ya da öğrencinin kavramla ilgili yeni yaklaşımlar ve fikirler önermesini sağlayabilmelidir. Böylelikle öğrenci, öğrendiği yeni kavramı diğer durumlara uygulayarak geliştirme fırsatı bulabilecektir (Posner vd., 1982; Hewson ve Hewson, 1984).

1.7.1.5. Kavramsal Değişimin Gerçekleşme Yolları

Kavramsal değişim teorisine göre, kavramsal değişim iki türlü gerçekleşmektedir: (1) kişi çevresiyle etkileşimi sırasında yeni bir durumla karşılaştığında, bu yeni durum eskisi ile uyum halinde ise kolayca öğrenme gerçekleşir (Posner vd., 1982; Hewson ve Thorley, 1989), (2) eğer kavramlar birbiriyle uyumlu değilse, o zaman öğrenme var olan kavramların yeniden yapılandırılmasını veya yenileriyle değiştirilmesini, yani bir adaptasyon işlemini, gerektirmektedir. Bu adaptasyon iki şekilde olabilmektedir. Bunlardan birincisi *uyum* (accommodation) olarak isimlendirilir ve bu süreçte ilişkilendirme için eski kavramlarda köklü değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Diğer bir adaptasyon çeşidi olan *özümsemeye* (assimilation) ise yeni kavramların adapte edilmesinde eski kavramlarda yapılan değişiklikler diğerine göre daha az olup, eski kavram ile yeni kavram basit olarak ilişkilendirilmektedir (Posner vd., 1982; Hewson ve Thorley, 1989).

1.7.1.6. Kavramsal Değişimin Gerçekleşmesindeki Engeller

Kavramsal değişim uzun zaman isteyen bir süreçtir. Öğrencilerin etraflarında gerçekleşen olayları açıklamak için uzun bir süreç sonunda zihinlerinde geliştirdikleri ve yapılandırdıkları alternatif kavramları, birkaç sınıf aktivitesiyle veya sözel olarak onlara bilimsel gerçekleri sunarak değiştirmek oldukça zordur (Driver, 1983). Geleneksel öğretimin kavramsal değişimi sağlamadaki yetersizliği sıklıkla ifade edilmektedir (Strike ve Posner, 1976; Osborne ve Cosgrove, 1983; Stavy, 1991; Yılmaz vd., 1999; Tekkaya, 2002). Eğer öğrencilerde bilimsel olarak kabul edilen anlamalar oluşturulmak isteniyorsa, *Bölüm 1.7.1.4*'te bahsedilen kavramsal değişim için belirlenmiş ön koşullar oluşturulmalıdır. Öğrenci kendi fikrinin bilimsel fikirler ile çelişkili olduğunu fark etse bile, kendi kendine bu değişimi gerçekleştirebilmesi oldukça zordur (Driver, 1983; Tytler, 2002). Literatürde kavramsal değişimin gerçekleşmesini engelleyen birçok faktörden bahsedilmektedir. Bunlar:

1- İnatçılık: Çocuklar fikirlerindeki hataları kabullenmeye isteksizdirler ve yeni fikirleri özümsemek yerine önceki fikirlerini yeniden düzenlemenin ve duruma uyarlamamanın yollarını ararlar. Karşıt deliller karşısında bile öğrenciler, fikirlerini korumak büyük çaba harcarlar. Bundan dolayı, öğrencilerin bu inatçı fikirlerini değiştirmek veya kendisinin değiştirmesi oldukça zordur. Öğrencilerden, onların mevcut bilgileri ile açıklanamayan ve onlarla ters düşen bir olayı açıklamaları istendiğinde, genellikle bahsedilen olayın bir şekilde gerçekleştiğini ifade ederler, ancak onu açıklamaktan sakınırlar (Watson ve Konicek, 1990).

2- Dil: Kavramsal değişim için diğer bir engel de dildir (Watson ve Konicek, 1990). Bir kavramla ilgili yeni bir düşünceyi anlamaya çalışma ve bunun yanında yeni terimlere hakim olma zorluğu da öğrencilerin eski fikirlere inatçı bir şekilde bağlı kalmalarını sağlar. Günlük dilde sıklıkla kullanılan “şekerin çayda erimesi” “ısının 28⁰C olması” gibi ifadeler öğrencilerin yanlış anlamalara sahip olmalarına veya zihinlerinde karışıklığa neden olabilmektedir.

3- Gelişim Düzeyi: Kavramsal değişimin gerçekleşmesinde bir diğer engel ise öğrencilerin gelişim düzeyleridir (Watson ve Konicek, 1990). Piaget’in çalışmaları somut işlemler dönemdeki öğrencilerin yeni bir delil ile karşılaştıklarında önceki fikirlerini korumaya daha eğilimli olduklarını göstermiştir. İşlem öncesi dönemdeki birey kütle ve

hacim gibi somut özellikleri benimsemede, ölçmede ve mantıksal düşünmede yetersizlikleri vardır. Bu evredeki öğrenciler gerçek delillerin aksine kendi hislerini kullanarak açıklamalar yaparlar ve bilimsel metotları kullanabildikleri çok az deneyimleri vardır. İlk kez karşılaştıkları ve kendi fikirlerine zıt bir fikre güvenmektense ömür boyu kazandıkları kanaatlerine güvenirler.

4- Destekte Sürekliliğin Sağlanamaması: Kavramsal değişime karşı çocuklarda var olan direncin üstesinden gelebilmek şüphesiz uzun zaman alan ve devamlılık gerektiren bir mücadeledir. Çocuklar dikkatli bir biçimde yapılandırmış oldukları düşünce yapılarının, onlarla çelişen yeni bilgilerle yer değiştirmesine izin vermezler. Öğretim esnasında kavramsal değişimi gerçekleştirmeyi amaçlayan, bunun için çeşitli model yada teknikleri kullanan ve sürekli bir gayret içerisinde olan öğretmenler, öğrencilerinin kavramsal değişimi gerçekleştirebilmelerine yardım edebilirler (Watson ve Konicek, 1990).

1.7.1.7. Kavramsal Değişimi Sağlamada Kullanılan Modeller

Scott vd. (1991) kavramsal değişimin gerçekleşmesini sağlayan öğretim modellerini iki grup atında toplamaktadırlar. Birinci gruptakiler kavramsal çelişkinin oluşturulduğu ve bu çelişkinin giderildiği modelleridir. İkinci gruptakiler ise, öğrenen kişinin mevcut fikir ve inanışlarını esas alarak bunları benzetme ya da modellemeler sayesinde daha ileri anlamalara doğru geliştiren modellerdir.

A. Kavramsal Çelişkinin Oluşturulduğu ve Bu Çelişkinin Giderildiği Öğretim Modelleri:

Kavramsal çelişki, kavramsal değişimi sağlamayı amaçlayan birçok model için temel oluşturmuştur. Bu modellerde öncelikle öğrencinin bir olayla ilgili mevcut fikir ve inanışları açık bir şekilde ortaya çıkartılır. Daha sonra, kavramsal çelişkiyi meydana getirmek için öğrencilerin sahip oldukları bu kavramlarla çelişen yeni bir olay veya bilgiyle karşılaşmaları sağlanır (Scott vd., 1991). Oluşan çelişkiyi gidermek için yapılan girişimler, sonraki öğrenmeler için ilk adımı oluşturmaktadır. Kavramsal çelişkiyi esas alan modeller, öğretimde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Bu öğretim modellerinden bir kısmı, mevcut fikirler ile bu fikirlerle çelişen olayların karşılaştırılması şeklinde

gerçekleştirilebileceği gibi, diğer bir kısmı zihindeki mevcut bilgiler arasındaki çelişkilerin orataya çıkartılması şeklinde gerçekleştirilmektedir.

a) Mevcut Fikirlerle Tutarsız Olaylar (Discrepant Events): Bu yaklaşımda, öğrencilere zihinlerinde kavramsal çelişki meydana gelmesini sağlayacak bir olay verilir ve öğrencinin bu olay ile ilgili açıklama yapması sağlanır. Bu yaklaşıma uygun öğretim yapan Nussbaum ve Novick (1982a, b), 4 aşamadan oluşan bir süreç önermişlerdir. Bu aşamalar şöyledir:

1. Öğrencilere bir olay sunulduktan sonra, bu olayla ilgili yaptıkları açıklamaları kullanarak onların ön kavramalarını ortaya çıkarma,
2. Öğrencilerin kendilerinin ve arkadaşlarının kavramalarının farkına varmalarını sağlama,
3. Öğrencilere mevcut kavramlarıyla açıklayamadıkları bir olay sunarak kavramsal çelişkiyi meydana getirme,
4. Bilimsel görüşlerle tutarlı olan yeni kavramsal yapının öğrenciler tarafından keşfedilmesini ve zihinlerinde yerleşmesini sağlamak için onlara rehberlik etme.

Nussbaum (1985) bu öğretim modelini gazların yapısı konusunu 11-13 yaş grubundaki öğrencilere öğretmek için kullanmış ve bu öğretim sürecinin bilişsel çelişkiyi oluşturmada ve öğrenme için motivasyonu artırmada oldukça başarılı olduğunu belirlemiştir. Ancak çalışmada, bütün öğrencilerde istenilen düzeyde kavramsal değişimin gerçekleşmediği de ifade edilmektedir. Bu nedenle araştırmacı kavramsal değişimin doğal ve aşamalı bir süreç olduğunu, uzun zaman gerektirdiğini ve kısa sürede öğrenci zihninde geniş çaplı değişimlerin sağlanamayacağını önermiştir.

Erickson (1979, 1980) da mevcut fikirlerle tutarsız olaylar yaklaşımını esas alan üç aşamalı bir öğretim süreci önermiştir. İlk aşamada deney düzenekleri hazırlanır. Öğrenciler deneylerden kendileri sorumludur ve bu nedenle her şeyi kendilerinin yapmaları için teşvik edilirler. Bu aşamada öğrencilerin çıkarımlarda bulunmalarına ve fikirlerini açıkça ortaya koyabilmelerine imkan verecek etkinlikler belirlenmelidir. İkinci aşama, beklenmedik sonuçların ortaya çıktığı aşamadır. Beklenmedik sonuçların sonrasında, bu sonuçların nedenleri tartışılarak öğrencilerin düşüncelerini yeniden yapılandırmalarına yardım edilir. Son aşamada (yeniden oluşturma aşaması), öğrencilerin karşılaştıkları yeni fikirleri farklı

durumlara uygulamasına fırsat verilmelidir. Bu süreçte grup tartışmalarına yer verilebilir ve öğretmen öğrencilerine rehberlik edebilir.

b) Fikirler Arasındaki Çelişki (Conflict between ideas): Bu yaklaşımda ise çelişki, öğrencinin zihnindeki kavramlarla verilmek istenen bilimsel kavramlar arasında değil, öğrencinin mevcut fikirleri arasında oluşturulmaktadır.

Stavy ve Berkovitz (1980), öğrencilerin sıcaklıkla ilgili anlamalarını geliştirmek amacıyla hazırladıkları öğretim modelinde bahsedilen bu çelişki türünü kullanmışlardır. Onlar, öğrencilerin sıcaklık kavramını tarif ederken kullandıkları iki farklı sistem arasındaki çelişkiyi ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Bu iki sistem; nitel-sezgisel sistem (qualitative-intuitive system) ve nicel-sayısal sistemdir (quantitative-numerical system). Çalışmada öğrencilerin sıcaklıkla ilgili bazı nitel-sezgisel bilgilerinin doğru olmasına karşılık, nicel-sayısal bilgilerinde yanlışların olduğu ortaya çıkmıştır. Örneğin 9-10 yaşlarındaki öğrencilerin çoğu, ılık suya ılık su ilave edildiğinde suyun yine ılık olacağını ifade etmelerine rağmen, 30°C sıcaklıktaki suya 30°C sıcaklıkta aynı miktar su konulduğunda yeni sıcaklığın 60°C olacağını düşünmektedirler. Bu nedenle yazarlar sıcaklık kavramına ilişkin sahip oldukları nitel bilgilerin sayısal problemleri çözmede onlara yardımcı olacak şekilde kullanılabileceğini iddia etmişlerdir. Nitekim, öğrencilerin kendi düşüncelerindeki çelişkinin farkına varmalarına sağlamak için tasarlanmış çalışma yapraklarını ve pratik uygulamaları içeren bir öğretim uygulayan yazarlar, öğrencilerdeki çelişkiyi kullandıkları öğretimin gerek bireysel gerekse grupta yapılan uygulamalarda başarılı olduğunu ve öğrencilerin sıcaklık kavramıyla ilgili anlamalarını geliştirdiğini ifade etmişlerdir.

Cosgrove ve Osborne (1985) ve Rowell ve Dawson (1985) da öğrencilerin farklı kaynaklardan (diğer öğrencilerden, öğretmenden, kitaplardan vb.) edindikleri fikirler arasındaki çelişkileri çözümlenmelerini gerektiren öğretim modellerini geliştirmişlerdir. Cosgrove ve Osborne (1985) dört aşamadan oluşan *Oluşturmacı Öğrenme Modeli*'ni (Generative Learning Model of Teaching) önermişlerdir. Bu modelin aşamaları şöyledir:

Başlangıç Aşaması (Preliminary Phase): Bu aşamada öğretmen; kendisinin, öğrencilerinin ve bilim adamlarının görüşlerini dikkate almalıdır.

Odaklama Aşaması (Focus Phase): Öğrencilerin kavramla ilgili deneyimler kazanması sağlanır. Bu deneyimler genellikle günlük hayatta karşılaşılan durumlar

kullanılarak sağlanmalıdır. Bu aşamada öğrencilerin kendi fikirlerini netleştirmeleri sağlanmaya çalışılır.

Meydan Okuma Aşaması (Challenge Phase): Öğrenci kendi fikirlerinin doğru ve yanlış yönlerini arkadaşlarıyla tartışır. Bu aşamada gerekli yerlerde öğretmen, bilimsel görüşleri ve kavramları öğrencilerine verir.

Uygulama Aşaması (Application Phase): Bu aşamada öğrencilere öğrendikleri kavram ve görüşleri yeni ve farklı durumlara uygulama fırsatı sağlanır.

Bu öğretim modelini geliştiren Cosgrove ve Osborne (1985), öğrencilerin sahip oldukları fikirlere alternatif olan bilimsel fikirlerin; akla yatkın ve mantıklı oldukları analogiler, gösteriler ve deneylerle gösterilmedikçe, öğrencilerin kendi kavramlarını değiştirmeye istekli olmayacaklarını ifade etmişlerdir.

Rowell ve Dawson (1985) yeni kavramlar öğrencilere tanıtıldıktan sonra yeni kavramlarla mevcut kavramlar arasındaki çelişkilerin çözümlenmesini içeren bir öğretim modeli önermişlerdir. Bu model ise altı aşamadan oluşmaktadır:

- Öğrenciler bir problem durumu verilir ve onların problemle ilişkili olduğunu düşündükleri bilgiler ortaya çıkarılır,
- Tartışmalar yürütülür ve öğrencilerden ortaya çıkan fikirleri daha sonraki aşamalarda kullanabilmek için bir kağıda not etmeleri istenir,
- Öğretmen öğrencilerine problemin çözümünde kullanılabilecek bir teori olduğunu, bu teorinin yapılandırılmasında onların yardımına ihtiyacı olduğunu ve öğrencilerin fikirleri ile yeni teoriyi değerlendireceklerini bildirir,
- Yeni teori öğrencilerin sahip oldukları temel kavramlarla ilişkilendirilerek sunulur,
- Öğrencilerden yeni teoriyi problemin çözümünde kullanmaları istenir. Böylece öğrenciler bu teoriyi yapılandırabileceklerdir. Bu süreçte yazılan notlar çok önemlidir.
- Her öğrenci 2. ve 5. adımdaki fikirlerini karşılaştırır ve bu fikirlerin doğruluklarını sorgular. Bu durum sadece belirlenen problem için kullanılabileceği gibi ilişkili birçok konudaki uygulamalarla genişletilebilir.

B. Öğrencilerin Bilimsel Görüşlerle Tutarlı Olan Görüşlerinin Geliştirilmesine Dayalı Öğretim Modelleri:

Öğrencilerin zihinlerinde çelişki oluşturulması ve bu çelişkinin onlar tarafından çözümlenmesine dayalı öğretim modellerinin tersine, bu gruptaki öğretim modelleri öğrencilerin mevcut fikirleri üzerine kuruludur. Bu öğretim modelleri öğrencilerin mevcut fikirlerini geliştirerek, onların fikirlerini bilimsel görüşlerle tutarlı olan görüşlere doğru genişletmeyi kapsamaktadır (Scott vd., 1991).

Clement (1987) mekanik konusunun öğretimi için benzetmeye dayalı bir öğretim modeli (analogical teaching strategy) geliştirmiş ve bu modelin etkililiğini araştırmıştır. Bu model, öğrencilerin faydalı mevcut bilgileri ile ilgili çok sayıda uygulama yapmalarını amaçlarken, onlar için fayda getirmeyen deneyimlerden uzak durmalarını amaçlamaktadır. Araştırmacılar kavramsal değişimin bir konuyla ilgili genellemeleri veya formülleri öğrencilere öğretmeden önce, onların tahmin gücünü kullanarak bu genellemelere ulaşabilecekleri uygulama fırsatı tanınmalıdırlar. Bu süreçte bilimsel olarak doğru kabul edilen bilgiler, öğrencilerin kavramlarla ilgili sezgisel bilgilerinden yola çıkılarak ve yanlış bilgiler ile kıyaslanarak öğretilmeye çalışılmaktadır. Bu ilişkilerin geliştirilmesinde vakalar arasında ilişki kuran bir öğretim modelinin (bridging strategy) etkili olduğu bulunmuştur (Scott vd., 1991). Scott vd. (1991)'in Brown ve Clement (1989)'in çalışmasından özetlediği gibi, açıklanan bu model (bridging strategy) dört adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar;

1. Öğrencilerin araştırılan konu ile ilgili kavram yanlışları daha önceden belirlenmiş bir hedef soru yardımıyla ortaya çıkarılır.
2. Öğretmen öğrencilerin sezgisel bilgilerini kullanacakları benzer bir durumu onlara sunar. Bu durum öğrenciler tarafından iyi bilinen bir örnektir.
3. Öğretmen öğrencilerin öğrenecekleri olay ile kendisine sunulan örnek arasında karşılaştırmalar yapmalarını ve iki durum arasındaki benzerlikleri belirlemelerini ister.
4. Eğer öğrenciler iki durum arasındaki benzerliği fark edemezlerse, öğretmen bağdaştırıcı benzetmeler bulmaya çalışır.

Stavy (1991), öğrencilerin buharlaşma esnasında maddenin korunumuyla ilgili bilimsel olarak kabul edilen anlamalara ulaşmaları için bu modelden faydalanmıştır. Stavy

(1991)'ye göre bilinen ve bilinmeyen arasında benzetmelerle kurulan ilişkiler, öğrencilerin yeni bilgileri öğrenmelerine ve bu yolla kavram yanlışlarını değiştirmelerine yardım etmektedir. Stavy çalışmasında 5. ve 6. sınıf öğrencilerini iki gruba ayırmıştır. Birinci gruptaki öğrenciler renksiz (görülmeyen) bir gaz ile buharlaşma etkinliğini gerçekleştirmeden önce renkli (görünen) bir gaz ile etkinliği gerçekleştirmişlerdir. İkinci gruptaki öğrenciler ise önce renksiz gaz ile ve daha sonra renkli gaz ile aynı etkinliği yapmışlardır. Çalışmada birinci gruptaki öğrencilerin diğer gruba göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, renksiz bir gazla yapılan etkinlikte oluşan yanlışların renkli gazla yapılan etkinlikle giderilebildiği bu etkinlikler sonunda ortaya çıkmıştır. Renkli gaz etkinliği yanlış anlamalara sebep olabilecek renksiz gaz etkinliği için bir benzetim örneğini temsil etmiştir. Bu model Clement vd. (1989) tarafından da kullanılmış ve kavram yanlışlarını gidermede başarılı olduğu belirlenmiştir.

Şimdiye kadar olan bölümler yardımıyla kavramsal değişim teorisini oluşturan alt kavamlar ve bu kavamlar arası ilişkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu yolla, çalışma için esas alınan öğrenme yaklaşımı hakkında teorik bir alt yapının oluşturulduğuna inanılmaktadır. Bundan sonraki bölümde bu yaklaşımı esas alan ve yaklaşımın öğretim uygulamalarına bir yansıması olan kavramsal değişim metinleri etraflıca irdelenmeye çalışılmıştır.

1.7.1.8. Kavramsal Değişim Metinleri

Günümüze kadar yazılı kaynaklar (ders kitapları, bilimsel dergi ve kitaplar, ansiklopediler vb.) başlıca öğrenme araçları olmuşlardır (Diakidoy vd., 2003). Bireyin yazılı kaynaklardaki metinlerden bilgiyi alabilme derecesi, onun bağımsız öğrenebilme becerisi hakkında bilgi verir (Diakidoy, 1999). Bu durum aynı zamanda bireyin hayatı boyunca kendini hangi düzeyde geliştirebileceğinin de bir göstergesidir. Ancak okuma ile ilgili yapılan çalışmalar, metinlerdeki bilgilerin okuyucuya basitçe aktarılamadığını ifade etmektedirler. Son yirmi yıldır okumayla ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar anlamının gerçekleşebilmesi için; bilginin aktif olarak yapılandırılmasının, ilişkili fikirlerin düzenlenmesinin ve bu fikirlerin önceki bilgilerle bağdaştırılmasının gerektiğini savunmuşlardır (Anderson ve Pearson, 1984; Kintsch, 1988; Graesser vd., 1996).

Fen bilimleri için hazırlanan kaynaklar genellikle temel amacı bilgilendirmek olan açıklayıcı metinleri içermektedir (Brewer, 1980). Ayrıca bu tür metinlerde aşına olmayan

çok sayıda terim ve bilgi bulunmaktadır (Diakidoy vd., 2003). Diğer alanlarda olduğu gibi fen öğretiminde de ders kitapları hem öğretmenler hem de öğrenciler tarafından yaygın kullanıma sahiptir. Öğrenciler sadece sınıfta değil, sınıf dışında da bilimsel gerçekleri ders kitaplarından okuyarak öğrenmeye çalışmaktadırlar (Guzzetti vd. 1992; Stinner, 1995; Finney, 2002). Ancak ders kitapları da fen ile ilgili diğer yazılı kaynaklardan çok farklı olmayıp, genellikle bir dizi bilginin sunulduğu metinlerden oluşmaktadır. Bu tür metinlerde öğrenmeyi engelleyen üç faktör bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, ön bilgilerin dikkate alınmamasıdır (Spilich vd., 1979; Kim ve Van Dusen, 1998; Schnotz, 1993). İkinci engel ise, bilgilerin birbiriyle uyumlu olmaması ve birbiriyle bazen çelişmesidir (Lipson, 1982; Alvermann vd., 1985; Woloshyn vd., 1994). Fen kitaplarında, çok sayıda bilimsel fikrin ilişkilendirilmeden arka arkaya sunulması da öğrencilerin bu metinlerdeki fikirleri anlamalarına engel teşkil eden son faktördür (Eltinge ve Roberts, 1993). Bu üç faktör anlamlı öğrenmeye ve ön kavramların yeniden yapılandırılmasına imkan vermemekte ve yazılı kaynaklardaki metinlerinin sadece yüzeysel anlaşılmasına veya ezberlenmesine neden olmaktadır.

Ancak son yıllarda ön bilgileri dikkate alan ve bilgileri ilişkilendirerek sunan farklı metin yapılarının fenedeki bilgi ve kavramları öğrenmede olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Maria ve Macginitie (1987) 5 ve 6. sınıf öğrencileri ile yaptıkları bir çalışmada, içerisinde ilgili kavram yanlışlarının tanımlandığı ve daha sonra bu yanlışların yanlışlıklarının ortaya konulduğu çürütücü metinlerin açıklayıcı metinlere oranla daha başarılı olduklarını ilk kez göstermişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarla çürütücü metinlerin lise ve üniversite düzeyindeki öğrencilerde de başarılı oldukları kanıtlanmıştır (Alverman ve Hague, 1989; Wang ve Andre, 1991; Alvermann vd., 1995; Guzzetti vd., 1997; Hynd vd., 1997).

Çürütücü metinler için literatürde birçok tanımlama yapılmıştır. Hynd ve Alvermann (1986) çürütücü metinleri; yeni bilgiyi doğrudan sunmak yerine öncelikle öğrencilerde sıklıkla karşılaşılan kavram yanlışlarına işaret eden ve daha sonra bu bilgilerin yanlış olduklarını kanıtlayarak doğru bilgileri sunan metinler olarak tanımlamışlardır. Tynjala (1999) çürütücü metinleri; öğrencilerin yanlış olan sezgisel anlamalarına meydan okuyarak onları bilimsel olarak kabul edilen teorilerle değiştirmeyi amaçlayan metinler olarak ifade etmiştir. Palmer (2003) ise çürütücü metinleri; bir kavram yanlışını tanımlayan, onun neden yanlış olduğunu tartışan ve sonrasında bilimsel olarak kabul edilen kavramı açıklayan metinler olarak tanımlamıştır.

Literatürde kavramsal değişimi sağlamak amacıyla çürütücü metnlerinin yanı sıra kavramsal değişim metinleri de sıklıkla kullanılmaktadır. Çürütücü metinler ve kavramsal değişim metinleri oldukça benzerdir. İkisi de, öğrencilerin var olan yanlış düşünce ve inançlarının belirlenmesi, tanımlanması ve bunların çürütülüp, alternatif bir teorinin, inancın veya daha tatminkar bir fikrin önerilmesi esasına dayanmaktadır (Guzzetti vd., 1997; Guzzetti, 2000; Pınarbaşı ve Canpolat, 2002; Alparslan vd., 2003; Palmer, 2003; Özkan vd., 2004; Tekin vd., 2004). Bunlar arasındaki temel fark; öğrencilerden belirlenen bir durum hakkında tahminde bulunmasını isteyip istememesinden kaynaklanmaktadır (Chambers ve Andre, 1997; Sungur vd., 2001; Özkan vd., 2004). Kavramsal değişim metinlerinde kavram yanılgıları ile bilimsel fikirler arasındaki tutarsızlık gösterilmeden önce, öğrencilerden kendilerine sunulan durum hakkında tahminlerde bulunmaları istenir. Çürütücü metinlerde ise öğrencilerde sıklıkla karşılaşılan kavram yanılgıları herhangi bir tahmin yapılması istenmeksizin doğrudan çürütülür (Chambers ve Andre, 1997; Sungur vd., 2001; Özkan vd., 2004). Başka bir ifadeyle, kavramsal değişim metinlerinde bir soru veya olay ile başlanarak öğrencilerin ön bilgilerinin harekete geçirilmesi söz konusudur.

Kavramsal değişim metinleri genellikle “öyküsel” (narrative) ve “açıklayıcı” (expository) olmak üzere iki farklı şekilde hazırlanabilir ve kullanılabilir. Literatürdeki araştırmalarda genellikle açıklayıcı kavramsal değişim metinleri kullanılmaktadır (Hynd vd., 1994; Chambers ve Andre, 1997; Guzzetti vd., 1997). Ancak literatürde az da olsa öyküsel kavramsal değişim metnlerinin kullanıldığı çalışmalar yer almaktadır (Guzzetti vd., 1997; Guzzetti, 2000). Özellikle, hikaye veya öyküsel kavramsal değişim metnlerinin ilköğretim öğrencileri için daha uygun olduğu, ancak lise ve üniversite öğrencileri üzerine olumlu etkilere sahip olmadığı ifade edilmektedir (Guzzetti vd., 1997; Diakidoy vd., 2003).

Alvermann and Hague (1989) kavramsal değişim metinleri ve çürütücü metinler içerisinde sunulan öğrenci fikirleri ve bunlarla bilimsel fikirler arasında yapılan karşılaştırmaların öğrencilere fayda sağladığına işaret etmiştir. Alvermann and Hague (1989) bu yaklaşımı artırılmış aktivasyon (augmented activation) olarak tanımlamaktadırlar. Çünkü metin içerisinde yapılan bu karşılaştırmalar ve ortaya konulan tutarsızlıklar kendi başlarına yanılgılarının farkına varamayan öğrencileri, bilimsel fikirlerle kendi fikirleri arasındaki uyumsuzluklar konusunda uyarmaktadırlar. Bu tutarsızlıklar kendilerine sunulduğunda, öğrenciler kavram yanılgılarını değiştirmeye ve düzeltmeye daha istekli hale gelmektedirler. Bu nedenle bu tür metinler güçlü bir ikna

formu olarak da düşünülebilir. Bu metinlerde öğrenciler mevcut fikirlerinin bilimsel fikirlerden farklı olduğundan haberdar edilerek bilimsel olarak kabul edilen fikirleri benimsemeleri için ikna edilmeye çalışılmaktadır (Hynd, 2001a).

Kavramsal değişim metinleri ve çürütücü metinler öğrencilere mevcut kavramlarının bazı olayları açıklamada yetersiz kaldığını hissettirecek şekilde hazırlanmalıdır. Kavramsal değişim metinleri içerdikleri çeşitli açıklamalar ve örneklerle, öğretilmesi hedeflenen kavramların öğrenciler tarafından anlaşılması ve uygulanmasına yardım ederler (Dole, 2000; Hynd, 2001a; Pınarbaşı ve Canpolat, 2002). Bu tür metinlerde öğrencilerin inanç sistemlerinin veya bilgi yapılarının iyi anlaşılması ve onların inanç sistemleri veya bilgi yapılarıyla uyumlu olmayan fikirlerin tartışılması gerekmektedir (Guzzetti vd., 1997; Guzzetti, 2000; Hynd, 2001b; Sungur vd., 2001). Kavramsal değişim metinleri bu sayede öğrencilerin mevcut kavramlarının farklılaştırılmasını, mevcut kavramsal yapılarla yeni kavramların bütünleştirilmesini ve değişimin bir sonucu olarak yeni kavramların elde edilmesini teşvik eder (Guzzetti vd., 1997; Hynd, 2001a; Yürük ve Geban, 2001). Başka bir ifadeyle, metinlerin kullanılmasının sonucunda, öğrencilerin izole edilmiş bilgi parçalarından ziyade, bir bütün olarak, bilimsel açıklamaları kavramaları sağlanır (Yürük ve Geban, 2001). Kavramsal değişim metinlerinin uygulanması sırasında küçük grup tartışmalarının kullanılmasına özen gösterilmeli, öğrenciler kendi bilgileri ile sunulan bilimsel fikirler arasında karşılaştırma yapmaları için teşvik edilmeli ve bunun için gerekli zaman onlara verilmelidir. Böylece öğrencilere, bilgileri daha derinlemesine sorgulamaları için fırsat verilmiş olunacaktır (Diakidoy vd., 2003).

Kavramsal değişim metinlerinin ve çürütücü metinlerin kullanıldığı bir çok çalışma yapılmış ve bu tekniklerin öğrencilerin bilimsel kavramları öğrenmesine yardım ettiği kanıtlanmıştır (Hynd ve Alverman, 1986; Maria ve MacGinitie, 1987; Alvermann ve Hague, 1989; Wang ve Andre, 1991; Guzzetti vd., 1993; Hynd vd., 1994; Chambers and Andre, 1997; Guzzetti vd., 1997). Ancak her ne kadar literatürde bu tür metinlerin kavramsal değişimi gerçekleştirmede etkili olduğuna işaret eden çalışmalar olsa da; tek başına bu tür metinlerin laboratuarda kazanılacak deneyimler veya öğrencinin aktif olarak katılacağı etkinlikler kadar faydalı olamayacağını düşünenler de bulunmaktadır. Bu nedenle bu tür metinlerin küçük grup tartışmaları, gösteri ve drama gibi etkinliklerle desteklenmesi ve birlikte kullanılmasının daha faydalı olacağı düşünülmektedir (Alvermann vd., 1995; Guzzetti vd., 1997; Hynd vd., 1997; Hynd, 2001b; Ölmez vd., 2001).

Yeni bir bilginin basitçe sunumu ile karşılaştırıldığında kavramsal değişme metinlerini diğer metinlerden farklı kılan iki özellik; kavram yanlışlarını ve bu yanlışların yanlış olduklarını kanıtlayan açıklamaları içermeleridir. Bu tür metinlerin, öğrencilerde yeni bilgilerin ilişkilendirileceği ön bilgilerin olmaması durumunda bile faydalı oldukları belirlenmiştir (Kim ve Van Dusen, 1998). Ayrıca, öğrencilerde olabilecek yanlışları içeren bu metinler, öğrencilerin fikirler arasında karşılaştırma yapmalarına ve zihinlerindeki bilimsel modellerini daha doğru geliştirmelerine de imkan tanımaktadır.

Guzzetti vd. (1997) kavramsal değişim metinlerinin etkili olmasının nedeninin; doğru fikirlerle yanlış fikirleri karşılaştırarak kavramsal çelişki oluşturması olduğunu iddia etmiştir. Bu nedenle bir öğretim modeli olarak bütünleştirici görüşle benzerlik göstermektedir. Çünkü bütünleştirici görüş, öğrencilerin bir kısmı yanlış olabilecek ön kavramlarının farkında olunması ve öğretimin buna göre düzenlenmesi gerektiğini savunmaktadır. Kavramsal değişim metinleri gerçekten araştırılmaya değer bir yöntemdir. Çünkü okuması sadece birkaç dakika almasına, zamandan tasarruf sağlamasına ve özellikle kalabalık sınıflarda kolaylıkla uygulanabilmesine rağmen; fen kavramlarının öğretiminde oldukça olumlu sonuçlar vermektedir. Kavramsal değişim yaklaşımını esas alan bir çok model veya strateji genellikle küçük ve az sayıdaki öğrencinin olduğu sınıflar için uygundur. Ancak, özellikle kalabalık sınıflar için kavramsal değişime olumlu katkı sağlayacak kavramsal değişim metinlerinin ve çürütücü metinlerin kullanılması, öğrencilerin bilimsel olarak kabul edilen doğru kavramları zihinlerinde yapılandırmalarına yardım edecektir.

1.7.1.9. Kavramsal Değişim Metinleriyle İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde kavramsal değişim yaklaşımının öğrencilerin sahip oldukları yanlış anlamaları gidermede ve öğrencilerin zihinlerindeki yanlış anlamaları bilimsel olarak kabul edilen anlamalar ile değiştirmedeki etkililiğini araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Kavramsal değişimle ilgili olarak yapılan bazı çalışmalardan daha önce yeri geldiğinde bahsedilmiştir. Ancak ulusal ve uluslar arası literatürde, kavramsal değişimi sağlamak için kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı çalışmalar ayrı bir başlık altında bu bölümde özetlenmiştir.

Özdemir ve Geban (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, kavramsal değişim metinlerinin kullanımının lise ikinci sınıf öğrencilerinin kimyasal denge konusundaki

kavramlarla ilgili başarılarına ve kimya dersine olan tutumlarına etkisi geleneksel kimya öğretim yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Beş hafta süren araştırmada deney grubuna (27 öğrenci) kavramsal değişim metinleri, kontrol grubuna (28 öğrenci) ise geleneksel kimya öğretim yöntemi uygulanmıştır. Kavram yanılgıları 25 sorudan oluşan çoktan seçmeli bir testle saptanmıştır. Çalışmanın sonucunda, kavramsal değişim metni kullanan öğrencilerin kimyasal denge kavramları ile ilgili başarılarının, geleneksel kimya anlatımı ile öğretilen öğrencilere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kavramsal değişim metni kullanan öğrencilerin kimya dersine olan tutumlarının geleneksel kimya öğretiminden faydalanan gruba göre daha pozitif olduğu gözlenmiştir.

Uzuntiryaki ve Geban (1998) kavram haritalarıyla birlikte verilen kavramsal değişim metinlerinin 8. sınıf öğrencilerinin çözeltiler konusunu anlamalarına ve fen bilgisi dersine karşı tutumlarına olan etkisini incelemek ve geleneksel yöntemlerle karşılaştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, TED Ankara Kolejinde aynı öğretmenin iki 8. sınıfından 64 öğrenci ile yürütülmüştür. Kontrol grubunda geleneksel yöntem kullanılmıştır. Öğretmen konuyu anlatma ve tartışma yöntemiyle aktarmış daha sonra alıştırmalar yapraklarını sınıfa dağıtmıştır. Alıştırmalar sınıfta çözülmüştür. Deney grubunda kavram değişim metinleri kullanılmış, metinler öğrencilerle tartışılarak incelenmiştir. Ardından öğretmen, önceden ana tanımlayıcıları boş olarak hazırlanmış kavram haritalarını öğrencilere dağıtmış ve öğrencilerden boş yerlere doğru kavramları yerleştirmelerini istemiştir. Çalışmada, kavram haritaları ve kavramsal değişim metinlerinin birlikte uygulandığı grubun geleneksel yöntem uygulanan gruba göre çözümleri konusunda istatistiksel olarak daha başarılı olduğu elde edilmiştir. Aynı zamanda, deney grubunun fen bilgisi dersine karşı daha olumlu tutum gösterdiği belirlenmiştir.

Bayır (2000) lise birinci sınıf öğrencilerinin kimyasal değişim ve kütle korunumu konularındaki kavramları anlamalarında kavramsal değişim metinlerinin kullanımının geleneksel öğretime kıyasla etkililiğini karşılaştırmak amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma aynı öğretmenin iki ayrı sınıfındaki 50 Lise-1 öğrencisiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırmada Kimyasal Değişim Kavramları ve Başarı Testi öğrencilerin kimyasal değişim ve kütle korunumu konularındaki başarılarının ölçülmesinde kullanılmıştır. Bilimsel İşlem Becerileri Testi ile de öğrencilerin bilimsel işlem becerileri ölçülmüştür. Elde edilen verilerin analizinden kavramsal değişim metni kullanan öğrencilerin kimyasal değişim ve kütle korunumu kavramları ile ilgili başarılarının geleneksel öğretim yapılan öğrencilere göre daha yüksek olduğu tespit

edilmiştir. Ayrıca, uygulama sonrası konu ile ilgili kavram yanılgılarının deney grubunda %0-45 oranında, kontrol grubunda %5-90 oranında devam ettiği görülmüştür. Bunun yanı sıra, çalışma kapsamındaki öğrencilere uygulanan bilimsel işlem beceri test sonuçlarına göre, bilimsel işlem becerisinin öğrencilerin kimyasal değişim ve maddenin korunumu konuları ile ilgili başarıları için güçlü bir belirleyici olduğu tespit edilmiştir.

Çil (2000) kavramsal değişim yaklaşımının Lise-2 öğrencilerinin asit-baz konusundaki başarılarına etkisini incelemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmaya Gazi Anadolu Lisesi'nden aynı öğretmenin iki ayrı sınıfındaki 63 öğrenci katılmıştır. 1998-1999 öğretim yılında yapılan çalışmada deney ve kontrol grupları rasgele oluşturulmuş, deney grubuna kavramsal değişim metni yöntemi kontrol grubuna ise geleneksel öğretim yöntemi uygulanmıştır. Dört hafta süren çalışmada öğrencilerin asit-baz konusundaki başarıları Asit-Baz Kavram Başarı Testi, öğrencilerin kimya dersine olan tutumları ise Kimya Dersi Tutum Ölçeği ile ölçülmüştür. Elde edilen verilerin analizlerinden kavramsal değişim metni kullanılan öğretimi alan deney grubu öğrencilerinin asit ve baz kavramları ile ilgili başarılarının geleneksel öğretim alan öğrencilere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca cinsiyet farklılığının bu konuyu öğrenmede etkisinin de araştırıldığı çalışmada cinsiyetin asit baz konusunu öğrenmede etkili bir faktör olmadığı belirlenmiştir.

Ünlü (2000) kavramsal değişim metinlerinin ilköğretim 8. sınıf öğrencilerinin atom, molekül ve madde konularındaki kavramlarla ilgili başarılarına ve fen dersine olan tutumlarına etkisini geleneksel öğretim yöntemi ile karşılaştırmak amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma, aynı öğretmenin iki ayrı sınıfındaki 63 ilköğretim 8. sınıf öğrencisinin katılımıyla gerçekleşmiştir. Bu çalışmada deney grubuna kavramsal değişim metni yöntemi, kontrol grubuna ise geleneksel fen öğretim yöntemi uygulanmıştır. Araştırmada gerekli olan veriler başlıca Atom, Molekül, Madde Kavramları Başarı Testi, Fen Bilgisi Dersi Tutum Ölçeği ve Bilimsel İşlem Beceri Testi olmak üzere üç ölçekten elde edilmiştir. Elde edilen verilerin analiz sonuçları, kavramsal değişim metinleri kullanan öğrencilerin atom, molekül, madde kavramları ile ilgili başarılarının, geleneksel yöntemle öğretilen öğrencilere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Her iki öğretim yönteminin öğrencilerin fen bilgisi dersine karşı tutumlarını istatistiksel olarak eşit derecede geliştirdiği gözlenmiştir.

Öğrencilerin asit bazlar konusundaki kavramları anlamalarına, kavramsal değişim metinleri, kavram haritaları ve geleneksel yöntemin etkilerini karşılaştırmak amacıyla Uzuntiryaki vd. (2001) tarafından yapılan bir çalışma, aynı öğretmenin üç sınıfından 61

onuncu sınıf öğrencisinin katılımıyla yürütülmüştür. Sınıflardan biri kontrol grubu olarak atanıp geleneksel yöntemle eğitim almış, diğer ikisi deney grubu olarak atanmış ve bunların birinde kavram haritaları, diğerinde kavramsal değişim metinleri kullanılmıştır. 25 çoktan seçmeli sorudan oluşan kavram testinin kullanıldığı çalışmada asit ve baz konusu ile ilgili 19 kavram yanılığı belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda, kavram haritalarının asit ve bazlar konusu ile ilgili öğrencilerde bulunan kavram yanılıklarının giderilmesinde etkili bir kavram değiştirme modeli olduğu saptanmıştır. Buna karşılık, kavramsal değişim metinleri ve geleneksel yöntemin kavram yanılıklarının değiştirilmesinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda, kavram haritalarının kullanıldığı sınıftaki öğrencilerin aktif olması nedeniyle kendi öğrenmelerine daha fazla katkıda bulunduğu ve öğrendiklerini analiz ve sentez ederek birbiriyle ilişkilendirebildiği, bu nedenle de kavram haritalarından daha etkili sonuçlar alındığı ifade edilmektedir. Bu çalışmada, kavramsal değişim metinlerinin kavram yanılıklarının giderilmesinde etkili olmaması, öğrencilerin metinleri dikkatli okumamasına ve gerekli bilgileri öğrenmede isteksiz davranmalarına bağlanmaktadır.

Yürük ve Geban (2001), öğrencilerin elektrokimyasal hücre kavramlarıyla ilgili anlamaları üzerine geleneksel öğretimle kavramsal değişim metni destekli öğretimin etkililiğini araştırmıştır. Çalışmaya, deneysel grup 31, ve kontrol grubu 33 olmak üzere, toplam 64 öğrenci katılmıştır. Çalışmada veri toplamak amacıyla, elektrokimyasal hücre kavramları testi ve bilimsel işlem beceri testi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı sınıftaki öğrencilerin geleneksel öğretim yapanlardan elektrokimyasal hücrenin anlaşılması bakımından daha iyi olduğu bulunmuştur. Bu sonuçtan, kavramsal değişim metinlerinin, elektronik ve galvanik hücreler dikkate alındığında, öğrencilerin kavram yanılıklarını gidermede daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, burada sınıf tartışması esnasında öğretmenin öğrencilerin fikirlerini açıklığa kavuşturmasına yardım ederek, onların önceki kavramlarını değiştirmesine neden olduğu da tespit edilmiştir.

Canpolat (2002), kavramsal değişim yaklaşımının öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramları anlamalarına ve kimyaya karşı tutumlarına olan etkisini, geleneksel ders anlatım yöntemiyle karşılaştırmıştır. Ayrıca, öğrencilerin kimyasal denge konusundaki başarıları ile bilimsel işlem becerileri arasındaki ilişkiyi de incelemiştir. Çalışmanın örneklemini, Atatürk Üniversitesi K.K. Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği

Anabilim Dalında aynı öğretim üyesinin ders verdiği farklı iki şubedeki toplam 85 birinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Kavramsal değişim yaklaşımının kullanılacağı şube deney grubu, geleneksel öğretim yöntemlerinin kullanılacağı şube ise kontrol grubu olarak rasgele belirlenmiştir. Deney grubunda kavramsal değişimin sağlanabilmesi için kavram değiştirme metinleriyle birlikte sıvı transfer modeli ve gösteri deneyleri de kullanılmıştır. Kontrol grubunda geleneksel öğretim yöntemleri kullanılmıştır. Ancak, gösteri deneylerinin bir kısmı öğrencilerin bazı denge reaksiyonlarını görmeleri amacıyla kontrol grubunda da yapılmıştır. Oysa, bu deneyler deney grubunda, öğrencilerin yeni sunulan kavramları anlaşılır ve mantıklı bulmalarını sağlamak yani kavramsal değişimi kolaylaştırmak amacıyla yapılmıştır. Kavram yanılığları 41 çoktan seçmeli sorudan oluşan bir testle belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre kimyasal dengeyle ilgili kavramların öğretmen adayları tarafından anlaşılmasında, kavramsal değişim yaklaşımının geleneksel yöntemden istatistiksel olarak daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kavramsal değişim yaklaşımının kullanıldığı gruptaki öğrencilerin kimyaya karşı ilgilerinin geleneksel yöntemin kullanıldığı gruptaki öğrencilerden istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuçların yanı sıra çalışmada öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramları anlamaları üzerine bilimsel işlem becerilerinin önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Çakır vd. (2002), asit ve baz kavramlarıyla ilgili öğrenci anlamaları üzerine geleneksel öğretim metodunun, kavram haritalama metodunun, kavramsal değişim metinlerinin ve cinsiyetin etkisini araştırmaya çalışmıştır. Çalışmaya 6 kimya sınıfına kayıtlı olan 110 onuncu sınıf öğrencisi katılmıştır. Bu sınıflardan ikisi geleneksel öğretimin uygulandığı kontrol grubuyken, ikisi kavram haritalama yönteminin ve diğer ikisi de kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı deney gruplarıdır. Çalışmada veri toplamak amacıyla, 25 çoktan seçmeli sorudan oluşan bir kavram testi kullanılmıştır. Çalışmanın verileri, kavram haritalama ve kavramsal değişim metinlerinin geleneksel kimya öğretimine kıyasla asit ve bazlar konusunun anlaşılmasını daha fazla kolaylaştırdığını göstermiştir. Ayrıca, asit ve bazlar konusunun anlaşılmasında erkek ve bayanlar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Diakidoy vd. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, 6. sınıf öğrencilerinin enerji konusunu anlamalarında kavramsal değişim metinleri, açıklayıcı metinler ve geleneksel öğretimin etkileri karşılaştırılmıştır. 215 altıncı sınıf öğrencisinin katıldığı çalışmada iki

deney grubu (kavramsal değişim metni ve açıklayıcı metin) ve bir kontrol grubu (geleneksel öğretim) oluşturulmuştur. Açıklayıcı metin, enerji hakkında öğretim sürecinde kapsanan kavramları gözden geçirmek ve öğrencilerin dikkatini temel fikirlere çekmek amacıyla yazılmıştır. Kavramsal değişim metni, dört bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, enerji ve kuvvet kavramlarının günlük dilde farklı anlamalarda kullanımının tartışılması; ikinci bölümde, enerji tüketimi ile ilgili olarak enerji ve kuvvet arasındaki çelişki; üçüncü bölümde, enerji türleri ve son bölümde, enerji ve madde arasındaki farklılıklar yer almaktadır. Geleneksel fen öğretimi, ağırlıklı olarak öğretmen sunumlarına, gösteri yöntemlerine ve soru sormaya dayalıdır. Konu ile ilgili öğrenci anlamalarını ölçmede 16 sorudan oluşan bir test kullanılmıştır. Elde edilen verilerin analizleri kavramsal değişim metninin kullanıldığı sınıftaki öğrencilerin ön ve son testlerdeki performanslarının hem açıklayıcı metin grubundan hem de geleneksel öğretim grubundan anlamlı ölçüde fazla olduğu görülmektedir. Çalışma sonunda, kavramsal değişim metninin düzenli sınıf ortamında kavramsal anlamayı kolaylaştırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, ilkokullarda kavramsal değişim metinlerinin kullanımının, öğrencilerin okuma yeteneklerini de geliştirdiği vurgulanmaktadır.

Asit ve bazlar konusundaki öğrenci yanlış anlamalarının giderilmesinde kavram değişim metinlerinin etkisini araştırmak amacıyla Özmen ve Demircioğlu (2003) bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın örneklemini, birisi deney (30 öğrenci) diğeri kontrol grubu (30 öğrenci) olarak belirlenen iki farklı şubedeki Lise 2 sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Deney grubunda kavram değişim metni, kontrol grubunda geleneksel yöntemlerle ders işlenmiştir. Öğrenci kavram yanlışlarının belirlenmesinde literatür taramasına ve öğretmen görüşlerine dayalı olarak geliştirilen 25 soruluk bir test kullanılmıştır. Araştırma bulguları, ön testte gruplar arasında istatistiksel olarak başarı açısından anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Son testin sonunda, kavram yanlışlarını giderme bakımından, kavram değişim metinleriyle öğretilen grubun geleneksel öğretimle öğretilen gruba göre daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, kavramsal değişim metinlerinin kavram yanlışlarının giderilmesinde geleneksel yöntemle göre daha başarılı olduğu belirtilmektedir. Tablo 1’de kavramsal değişim metinleriyle ilgili bazı çalışmalar özetlenmiştir.

Tablo 1’den öğretimin çeşitli kademelerindeki öğrencilerin (6. sınıf-Üniversite 1. sınıf) farklı kimya konularındaki kavram yanlışlarını düzeltmeye yönelik çalışmaların yürütüldüğü, ancak ilgili literatürde öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki kavramlarla

ilgili yanılgılarını gidermeyi amaçlayan herhangi bir çalışma bulunmadığı anlaşılmaktadır. İlgili çalışmaların tamamına yakını deneysel yönteme dayandırılmış ve bu kapsamda yeni geliştirilen materyaller veya yöntemler geleneksel yöntem veya materyallerle karşılaştırılmıştır. Halbuki, kavramsal değişim metinlerinin etkililiğinin araştırılmasında deneysel yöntemin dışında, sürece önem veren ve olayların nasıl gerçekleştiğini nedenleriyle ortaya çıkarmaya çalışan örnek olay yöntemleri de kullanılmalıdır (Merriam, 1988; Yin, 1994; Bachor, 2000). İrdelenen çalışmalarda veri toplama araçları olarak kavram başarı testleri, tutum anketleri ve bilimsel işlem beceri testleri kullanılmıştır. Öğrencilerin kavramsal değişim gerekçelerini ve konuyla ilgili anlamlarını derinlemesine irdeleyen mülakat gibi veri toplama araçlarından faydalanılmadığı görülmektedir.

Tablo 1. Kavramsal değişim metinleriyle ilgili bazı çalışmalar

| Yazar(lar) | Araştırılan Konu/Yöntem | Örnekleme | Veri Toplama Araçları | Çalışmanın Sonuçları |
|----------------------------|---|-----------------------|---|--|
| Özdemir ve Geban (1998) | Kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin kimyasal denge konusundaki başarılarına ve kimya derslerine karşı tutumlarına etkisinin geleneksel yöntem ile karşılaştırılması | 10. sınıf öğrencileri | Başarı Testi, Bilimsel İşlem Becerileri Testi | Konunun öğretiminde kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı öğrenciler, geleneksel yöntemle dersi işleyen öğrencilere göre hem daha başarılı olmuş hem de kimya derslerine karşı daha pozitif bir tutum geliştirmişlerdir. |
| Uzunıryakı ve Geban (1998) | Kavram haritalarıyla birlikte kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasının öğrencilerin çözümler konusunda anlamalarına ve fen bilgisi dersine karşı tutumlarına etkisinin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması | 8. sınıf öğrencileri | Başarı Testi, Bilimsel İşlem Becerileri Testi | Kavram haritalarıyla birlikte kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı öğrenciler, geleneksel yöntemle dersi işleyen öğrencilere göre hem daha başarılı olmuş hem de fen derslerine karşı daha pozitif bir tutum geliştirmişlerdir |
| Bayır (2000) | Kimyasal değişim ve kütle korunumu konularındaki kavramların anlaşılmasında kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasının geleneksel öğretime kıyasla etkililiğinin araştırılması | 9. sınıf öğrencileri | Başarı Testi, Bilimsel İşlem Becerileri Testi | Öğretim sonrasında konuyla ilgili kavram yanılgıları deney grubundaki öğrencilerin bazılarında devam etse de, kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla deney grubundaki daha fazla öğrenci yanılgılarını büyük oranda düzeltmişlerdir |
| Çil (2000) | Kavramsal değişim metinleriyle öğretimin öğrencilerin asit-baz konusunu anlamalarına ve kimya dersine karşı tutumlarına etkisinin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması | 10. sınıf öğrencileri | Asit-Baz Kavram Başarı Testi, Kimya Dersi Tutum Ölçeği | Kavramsal değişim metinleriyle konuyu öğrenen deney grubu öğrencileri, geleneksel öğretim alan kontrol grubu öğrencilerine göre asit ve baz kavramlarını anlamada daha başarılı olmuşlardır |
| Ünlü (2000) | Kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasının öğrencilerin atom, molekül ve madde kavramlarını anlamalarına ve fen bilgisi dersine karşı tutumlarına etkisinin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması | 8. sınıf öğrencileri | Başarı Testi, Fen Bilgisi Dersi Tutum Ölçeği, Bilimsel İşlem Beceri Testi | Öğretim sonrasında, kavramsal değişim metinleriyle konuyu öğrenen deney grubu öğrencileri, geleneksel öğretim alan kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olmalarına karşılık, bu iki gruptaki öğrencilerin fen dersine karşı tutumlarında istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmemiştir |

Tablo 1'in devamı

| | | | | |
|-----------------------------|---|---------------------------------|---|--|
| Uzuntiryaki vd. (2001) | Asit bazlar konusundaki kavramların anlaşılmasında kavramsal değişim metinleri, kavram haritaları ve geleneksel yöntemin etkilerinin karşılaştırılması | 10. sınıf öğrencileri | Başarı Testi | asit ve bazlar konusu ile ilgili öğrenci yanılgılarının düzeltilmesinde kavram haritaları başarılı olurken, kavramsal değişim metinleri ve geleneksel yöntem başarılı olamamıştır |
| Yürük ve Geban (2001) | Kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasının öğrencilerin elektrokimyasal hücre kavramlarını anlamaları üzerine etkisinin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması | 11. sınıf öğrencileri | Kavram testi, Bilimsel işlem beceri testi | Kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin kavram yanılgılarını gidermede daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır |
| Canpolat (2002) | Kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramları anlamalarına ve kimyaya karşı tutumlarına olan etkisinin, geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması | Üniversite 1. sınıf öğrencileri | Kavram testi, Kimyaya karşı tutum anketi, Bilimsel işlem beceri testi | Kavramsal değişim metinleriyle konuyu öğrenen deney grubu öğrencileri, geleneksel öğretim alan kontrol grubu öğrencilerine göre hem kimyasal denge konusunda yer alan kavramları anlamada daha başarılı olmuşlar, hem de kimyaya karşı daha pozitif tutum sergilemişlerdir |
| Çakır vd. (2002) | Asit ve baz kavramlarıyla ilgili öğrenci anlamaları üzerine geleneksel öğretim metodunun, kavram haritalama metodunun, kavramsal değişim metinlerinin ve cinsiyetin etkisinin araştırılması | 10. sınıf öğrencileri | Başarı Testi | Kavram haritalama ve kavramsal değişim metinlerinin geleneksel kimya öğretimine kıyasla asit ve bazlar konusunun anlaşılmasını daha fazla kolaylaştırdığı belirlenirken, cinsiyetler arasında başarı açısından herhangi bir farklılık gözlenmemiştir |
| Diakidoy vd. (2003) | Öğrencilerin enerji konusunu anlamalarında kavramsal değişim metinleri, açıklayıcı metinler ve geleneksel öğretimin etkilerinin karşılaştırılması | 6. sınıf öğrencileri | Başarı Testi | Kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı sınıftaki öğrenciler, hem açıklayıcı metinlerin kullanıldığı hem de geleneksel yöntemin kullanıldığı sınıftaki öğrencilerden daha başarılı olmuştur |
| Özmen ve Demircioğlu (2003) | Asit ve bazlar konusundaki öğrenci yanılgılarının giderilmesinde kavramsal değişim metinlerinin etkisinin geleneksel yöntemle kıyaslanması | 10. sınıf öğrencileri | Kavram Testi | Kavram değişim metinleriyle öğretilen grubun öğrencileri yanılgılarını düzeltmede, geleneksel öğretimle öğretilen gruba göre daha başarılı olmuştur |

Kavramsal değişim metinlerinin tek başına veya başka yöntemlerle kullanıldığı çalışmaların hemen hemen tamamının öğrenci başarısına ve tutuma olumlu etkileri olduğu düşünüldüğünde, kimyasal bağlar konusundaki kavramların öğretimi için benzer yöntemin kullanılması veya kavramsal değişimi sağlayabilecek benzer materyallerin geliştirilerek etkinliğinin araştırılması oldukça önemlidir. İlgili literatürde kavramsal değişimi gerçekleştirmeyi sağlayan öğretimi ve etkililiğini araştıran çalışmalarda daha çok kavramsal değişim metinleri tek başına kullanılırken, çok az sayıdaki çalışmada bu yöntem kavram haritalama gibi farklı yöntemlerle birlikte kullanılmıştır. Ancak, kavramsal değişim metinlerinin tek başına kullanılması yerine başka yöntemlerle birlikte

kullanılmasının öğrenci başarısı açısından daha etkili sonuçlar verdiğini ifade eden birçok çalışma bulunmaktadır (Alvermann vd., 1995; Guzzetti vd., 1997; Hynd, 2001b; Ölmez vd., 2001). Bu nedenle, kavramsal değişim metinlerinin bilgisayar destekli öğretim ile birlikte kullanılması durumunda ne tür sonuçların ortaya çıkabileceği şimdiye kadar değinilmemiş ve araştırılmaya değer bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı, kavramsal değişim yaklaşımını ve onun bir tekniği olan kavramsal değişim metinlerini inceledikten sonra, bilgisayar destekli öğretim yönteminin de etraflı olarak irdelenmesi, çalışmayı içeren kavramların daha etkili anlaşılması açısından önem arz etmektedir.

1.7.2. Bilgisayar Destekli Öğretim

Son yıllarda bilgisayarların idari işlerde veya öğrenci bilgi sistemlerinde kullanımının yanı sıra, eğitim amaçlı olarak kullanımı giderek önem kazanmış ve “Bilgisayar Destekli Öğretim” kavramı ortaya çıkmıştır (Ayas vd., 2001b; Akçay vd., 2003a,b; Özbek, 2005). Eğitime olan talebin her geçen gün artması, sınıflardaki öğrenci sayısının çoğalması, öğretmen yetersizliği, öğretilecek bilgi miktarının artması, bilgi miktarına bağlı olarak içeriğin karmaşıklaşması, bilgisayarların özelliklerinin giderek gelişmesi, toplumun yapısının ve nitelikli insan profiline değişmesi, çağdaş eğitim anlayışının değişmesi ve eğitimde bireysel farklılıkları öne çıkaran uygulamaların önem kazanması gibi birçok sebep, bilgisayar destekli öğretimin son zamanlarda üzerinde durulan bir yöntem olarak ortaya çıkmasında ve yaygın kabul görmesinde etkili olmuştur (Keser, 1993; Alev 1997; Alkan, 1998; Uşun, 2000, Karataş, 2003; Yiğit ve Akdeniz, 2003).

Genel olarak ifade edilirse, bilgisayarın öğretme-öğrenme sürecinde bir araç olarak kullanılmasına *Bilgisayar Destekli Öğretim (BDÖ)* denilebilir (Akkoyunlu, 1998). BDÖ için literatürde çeşitli tanımlar verilmektedir. Şahin ve Yıldırım (1999) BDÖ’yü; bilgisayarın öğrenme ortamı olarak kullanıldığı, öğretim sürecini ve öğrenci motivasyonunu güçlendirici, öğrencinin kendi öğrenme hızına göre yararlanabileceği ve kendi kendine öğrenme ilkelerini uygulayabileceği bir öğretim yöntemi olarak tanımlamıştır. Odabaşı (1998), BDÖ için “bilgisayarların ders içeriklerini doğrudan sunma, başka yöntemlerle öğrenilenleri tekrar etme, problem çözme, alıştırma yapma ve benzeri etkinliklerde öğrenme-öğretme aracı olarak kullanılmasıyla ilgili uygulamalardır” (s. 135)

ifadesini kullanmıştır. Baki ve Öztekin (2001)'e göre ise BDÖ; öğrencinin karşılıklı etkileşimler sayesinde aktif olmasını, kendi öğrenmesinden sorumlu olmasını, ses ve animasyonlarla derse karşı motivasyonunun artırılmasını ve bireysel hızına göre ilerlemesini sağlamak amacıyla eğitim-öğretim sürecinde bilgisayardan yararlanma yöntemidir. Bunların yanında, bazı kaynaklar BDÖ'yü bir öğretim tekniği olarak tanımlamaktadırlar (Demirel, 1994). BDÖ için verilen tanımların bir sentezi şu şekilde yapılabilir. Buna göre BDÖ; bilgisayarın öğrenciler tarafından bireysel olarak ve kendi hızlarına göre konuları öğrenmeleri veya öğretmenlerin ders içeriklerini, problem çözme, alıştırmayı yapma ve benzeri etkinlikleri öğrencilerine sunması amacıyla kullanıldığı, öğrencilerin konunun öğretiminde kullanılan bilgisayar yazılımı veya materyalle karşılıklı etkileşimler sayesinde aktif oldukları bir öğretim yöntemidir.

Özellikle teknolojinin gelişmesiyle son yıllarda eğitim alanında da yaygın olarak kullanılan bilgisayarlar, ülkemize ancak 1980'li yıllarda girebilmiş, ancak o yıllarda bilgisayarlar okullarda sadece idari işler için kullanılmıştır. Ülkemizde bilgisayarın bir eğitim aracı olarak kullanılmasına ise 1990'lı yıllarda başlanılmıştır (Samur, 1989; Odabaşı; 1998; Uşun, 2004). BDÖ alanında yapılan en önemli atılımlardan biri, Müfredat Laboratuvar Okulları'nın kurulmasıdır. 1990'ların ortalarına kadar Türkiye'de yaklaşık 1000 okula bilgisayar laboratuvarı kurulmuştur. Sekiz yıllık eğitim çalışmaları kapsamında eğitim için kaynaklar yaratılmasıyla birlikte BDÖ projeleri hız kazanmış, 1998 yılında 6200 ilköğretim okulunun BDÖ'ye geçişi öngörülmüştür. Yürütülen birçok projeye; Türkçe, Matematik, Fen Bilgisi, Yabancı Dil, Sosyal Bilgiler derslerine ait yazılımların geliştirilmesi üzerine odaklanılmış, Türkiye'de 70000 okulun İnternet'e bağlanması için TNet projesinden yararlanılmıştır. Milli Eğitim Bakanlığı'nca geliştirilen birçok proje ile BDÖ'nün yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi sürmektedir. Bugün hemen hemen tüm okullarda bilgisayar mevcuttur ve birçok okulda bilgisayar laboratuvarı kurma yoluna gidilmektedir (Çepni vd, 2006).

Bilgisayarların sınıf ortamında kullanılmasıyla birlikte başlayan araştırmalarda, BDÖ'nün birçok olumlu yönlerinden ve faydalarından bahsedilmektedir. Buna göre BDÖ;

- 1- Konuların öğrencilere daha kısa sürede ve sistemli bir şekilde öğretilmesine fırsat vermektedir (Demirel, 1994; Odabaşı, 1998; Saka ve Yılmaz, 2005).
- 2- Öğrencilere kendi hızlarında ve düzeylerinde ilerleyebilme olanağı verir (Akkoyunlu, 1998; Odabaşı, 1998; Atıcı ve Gürol, 2000; Uşun, 2000).

- 3- Tüm öğrencileri sürekli aktif tutar (Uşun, 2000; İşman, 2001).
- 4- Gerçek hayatta zaman, mekan ve malzeme kullanımı açısından sıkıntılı deneylerin simülasyon, animasyon ve sanal laboratuvar ortamlarıyla gerçekleştirilebilmesine imkan verir (Richards vd., 1992; Ayas vd., 1997; Uşun, 2000; Özdener ve Erdoğan, 2001a).
- 5- Öğrencilere daha fazla alıştırma, uygulama veya pratik yapma fırsatı sağlar (Karahana, 2001; Özbek, 2005).
- 6- Öğrenciler için ilgi çekici ve derse güdüleyici özelliktedir. Ses, grafik, animasyon ve içerdiği diğer görsel öğelerle, en sıkıcı çalışmalarını bile öğrenci için ilginç kılabılır ve onların dikkatlerini konuya odaklayabilir (Odabaşı, 1998).

Ancak ilgili literatürde BDÖ'nün bazı olumsuz yönlerinden de bahsedilmektedir.

Bunlar:

- 1- Bilgisayar teknolojisi hızla geliştiği için, alınan bilgisayarlar kısa bir süre sonra işe yaramayacak ve istenilen yazılımları çalıştıramayacak duruma gelebilir (Şahin ve Yıldırım, 1999; İşman, 2001; Karataş vd., 2003).
- 2- BDÖ yazılımlarının sayısı oldukça azdır. Mevcut yazılımlar öğretimsel nitelikler başta olmak üzere birçok yönden eleştiri almaktadır (Kabapınar vd., 2000; Altın, 2001; Ayas vd., 2001b; Özdener ve Erdoğan, 2001b).
- 3- Öğretmenlerin çoğunluğu BDÖ yönteminin sınıfta nasıl kullanılmasını gerektiği konusunda yeterli bilgiye sahip değillerdir (Baki, 1996). Bu nedenle çoğu öğretmen BDÖ'ye olumsuz bir tutumla yaklaşmaktadır (Hızal, 1989; Baki, 1996; Karataş vd., 2003).
- 4- Bilgisayarın öğrencilerin sosyolojik ve psikolojik gelişimlerine olumsuz etkilerinin olduğu bahsedilmektedir (Ergün, 1998; Odabaşı, 1998; İşman, 2001).
- 5- Ülkemizde farklı alanlarda ve konularda hazırlanmış BDÖ yazılımlarının öğretim programları ile uyumluluğu bazen sağlanamamaktadır (İşman, 2001; Karataş, 2003).

BDÖ ile ilgili literatürde bahsedilen olumsuzluklara dikkat edildiğinde, genellikle okulların yetersiz alt yapısı gibi fiziksel koşullardan veya bu yöntemi kullanacak olan öğretmenlerin bilgi ve deneyim eksikliklerinden kaynaklandığı söylenebilir. Fiziksel alt

yapının tam olması ve öğretmenlerin BDÖ uygulamaları konusunda deneyimli olması durumunda, BDÖ'nün etkili öğretime büyük katkılar sağladığı görülmektedir.

BDÖ özellikle öğrencilerin anlamakta güçlük çektikleri, diğer yöntemlerle anlatılması güç olan, öğrencilerin zihinlerinde canlandırmaları gereken ve laboratuarda gösterilmesi zor olan konu veya kavramların öğretiminde etkili bir şekilde kullanılabilir (Ayas vd., 1997). Kimya konularının çoğunlukla soyut kavramları ve gözlemlenemeyen olayları içerdiği düşünüldüğünde, kimya derslerinde BDÖ oldukça elverişli bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Geban ve Demircioğlu, 1996). BDÖ yoluyla gözlemlenemeyen kimyasal olayların ve etkileşimlerin gerçekleşme süreci modellenerek öğrenci için görsel hale getirilebilir veya tehlikeli olması, zaman sıkıntısı veya diğer imkansızlıklar yüzünden laboratuarda yapılamayan deneyler bilgisayar ortamında animasyon ve simülasyonlarla gerçekleştirilebilir.

BDÖ'nün öğrencilerin başarılarına, kavramsal anlamalarına ve tutumlarına olan etkilerini araştıran birçok çalışma bulunmaktadır. Ulusal ve uluslararası literatürde yer alan bazı çalışmalar mevcut yazılımlar kullanılarak yapılan BDÖ'nün geleneksel öğretim yöntemlerine göre öğrencilerin başarılarında bir fark gerçekleştirmediğini ifade ederken (Tjaden ve Martin, 1995; Güler ve Sağlam, 2002; Powell vd, 2003), bazıları ise öğrencilerin kavramsal anlamaları, derse karşı tutumları ve akademik başarıları üzerinde olumlu etkilere sahip olduğunu vurgulamaktadır (Cavin vd, 1981; Geban vd., 1992; Ertepinar vd., 1998; Korfiatis vd., 1999; Yenice, 2003; Özmen ve Kolomuç; 2004). Özellikle soyut kavramların öğrenciler tarafından anlaşılmasında BDÖ'nün olumlu katkılar sağladığı birçok çalışmada ifade edilmektedir (Geban vd., 1992; Rodrigues, 1997; Gemici vd., 2001; Özdener ve Erdoğan, 2001b).

Bir konunun öğretiminde BDÖ çeşitli şekillerde uygulanabilir. Özellikle son yıllarda animasyonların ve simülasyonların kullanıldığı etkileşimli BDÖ uygulamaları ön plana çıkmıştır (Chang vd., 2002). Animasyon ve simülasyonlar sayesinde öğrenciler anlaşılması zor bilimsel kavram ve düşünceleri daha rahat öğrenebilmektedirler (Gorsky ve Finegold, 1992; Huppert vd, 2002). Akçay vd. (2003a), animasyonların ve simülasyonların kullanılmaması ve BDÖ materyallerinin etkileşimli olarak hazırlanmaması durumunda, BDÖ'nün geleneksel yöntemlerden hiçbir farkı olmadığını ifade etmektedirler. BDÖ ancak animasyon ve simülasyonlarla zenginleştirildiğinde ve etkileşim kazandırıldığında aktif ve öğrenci merkezli bir öğretim yöntemi olarak kullanılabilir. Bir sonraki bölümde BDÖ'nün

farklı uygulamalarından bahsedilmekte, animasyon ve simülasyonların kullanımını içeren benzetim uygulamaları üzerinde durulmaktadır.

1.7.2.1. Bilgisayar Destekli Öğretim Uygulamaları

Öğretmen bir konuyu işlerken sahip olduğu donanım ve yazılım olanaklarına, öğreteceği konunun ve öğrencilerin özelliklerine, dersin hedef ve davranışlarına uygun olarak bilgisayarı farklı uygulamalarla kullanabilir. Bilgisayar destekli öğretim; ders sunumu (Demirel, 1994; Varol, 1996; Odabaşı, 1998), benzetim (Varol, 1996; Ayas vd., 1997; Odabaşı, 1998), alıştırma ve uygulama (Demirel, 1994; Varol, 1996; Ayas vd., 1997; Odabaşı, 1998; İşman, 2001), diyalog kurma (Varol, 1996), problem çözüme (Varol, 1996; İşman, 2001), eğitsel oyun (Varol, 1996; Odabaşı, 1998; İşman, 2001), bilgi sağlayıcı (Varol, 1996; Odabaşı, 1998) ve test (Varol, 1996; İşman, 2001) olmak üzere çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Bu çalışmada, ders sunumu ve benzetim uygulamalarına yer verildiğinden, bu iki uygulama türü detaylı olarak incelenecektir.

Ders Sunumu: Bilgisayarlar bu uygulamada belirli bir ders içeriğini öğrenciye sunmakta kullanılmaktadır. Amaç yeni bilgileri öğrencilere sunmaktır. İyi hazırlanmış bir uygulamada yeni kavramlar anlamlı parçalara ayrılır ve öğrencilerin kavramları anlayıp anlamadığı sık sık kontrol edilir. Bu tür uygulamalarda öğrencilere dönüt verilmesi ve değişik çözüm yolları önerilmesi çok önemlidir. Aksi takdirde bu uygulamaların ders kitaplarından tek farkı, öğretim materyalinin bilgisayar ekranından yansıtılması olacaktır. Öğretim amaçlı uygulamalar farklı yöntemlerle öğretilmesi zor olan konuların veya kavramların öğretilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Demirel, 1994; Varol, 1996; Odabaşı, 1998; İşman, 2001).

Benzetim: Doğrudan gözlemlenmesi veya tecrübe edilmesi uzun zaman alan, zor veya tehlikeli olan olayların ve deneylerin bilgisayar aracılığıyla gerçekleştirilerek öğrenme ortamında kullanılmasıdır. Bu şekilde, olaylar gerçeğe yakın bir şekilde öğrencinin gözü önünde gerçekleştirilir. Bu çeşit uygulamalar bilgisayarı en etkili öğretim aracı yapabilecek güçtedir. Bu tür kullanımda bilgisayar, öğrenilecek bilgileri veya olayları görselleştirerek, somutlaştırarak ve ilişkilere hareket unsuru katarak öğrencilerin daha kolay anlamalarına yardımcı olabilir (Varol, 1996; Ayas vd., 1997; Odabaşı, 1998). BDÖ'nün bu tür uygulamalarında animasyon ve simülasyonlar büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, çalışmada soyut kavramları ve olayları içeren kimyasal bağlar konusunun öğretimi

için, geliştirilen BDÖ materyalinde birçok animasyona yer verilmiştir. Bu nedenle, bir sonraki bölümde animasyon ve simülasyonlar tanımlanarak, kimya öğretimi açısından önemi irdelenmiştir.

1.7.2.2. Bilgisayar Destekli Öğretimde Animasyon ve Simülasyonlar

Simülasyon gerçek bir durumun temsil edilmesi, gerçeğe uygun bir modelinin geliştirilmesidir. Doğrudan gözlemlenemeyen veya algılanması zor olan, laboratuarda gösterilmesi tehlikeli veya pahalı olan, çok hızlı veya çok yavaş gerçekleşen olayların veya durumların bilgisayarla canlandırılarak gösterilmesine simülasyon denir (Ayas vd., 1997). Animasyonlar ise yine benzer olayları gözlemlenebilir hale getirmek için kullanılan, bilgisayar ekranında hızla değişen ve izleyenlere hareketliymiş gibi görünen bir dizi resimdir (Large, 1996). Bir animasyonda saniyede en az 15 resim arka arkaya getirilerek resimdeki nesnelere hareketliymiş gibi gösterilir. Animasyonlar gerçek bir olay veya süreç değil, onların benzeri ve temsilidir (Akkoyunlu, 1998).

Kimya makroskobik dünyada gerçekleşen olayları moleküler boyutta gerçekleşen etkileşimlerle ve sembollerle açıklayan bir bilim dalıdır (Vermaat vd., 2003). Çoğu öğrencinin gözlemleyemedikleri etkileşimleri, başka bir ifadeyle moleküler düzeydeki olay ve süreçleri, anlamakta güçlük çektikleri ve makroskobik olaylar ile moleküler düzeydeki etkileşimler arasında doğru ilişkileri kuramadıkları bilinmektedir. Öğrencilerin gözlemleyemedikleri bu olay ve süreçlerin görselleştirilmesinin, resim veya çizimlerle modellenmesinin, bu olay ve süreçlerin öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılabilmesinde etkili olduğu savunulmaktadır (Alesandrini ve Rigney, 1981; Mcintosh, 1986; Gabel, 1993; Noh ve Scharmann, 1997). Resim veya çizimler nesnelere veya olayların sadece hareketsiz (durağan) gösterimine imkan verirler. Ancak, moleküler düzeyde çoğu tanecik hareketlidir ve kimyanın moleküler düzeyi çoğunlukla dinamik süreçleri içermektedir. Bu dinamik süreçlerin görselleştirilmesinde hareketsiz resimler yerine hareketli animasyonları kullanmak daha etkili olmaktadır. Özellikle gözlemlenemeyen moleküler düzey için hazırlanan animasyonlar öğrencilerin kimya anlamalarını güçlendirmek için en önemli araçlardan biridir (White, 1988).

Literatürde bir çok öğrencinin mikroskobik ve sembolik düzeydeki olayları görselleştirmede ve zihinlerinde canlandırmada çok başarılı olmadıkları ifade edilmektedir

(Ben-Zvi vd., 1986, 1987; Gabel vd. 1987; Kozma ve Russell, 1997). Kimya öğretiminde bu güçlüğü ortadan kaldırmak için kullanılan yollardan biri fiziksel modellerdir. Araştırmalarda atom ve molekül gibi öğrencilerin gözlemleyemedikleri tanecikleri görselleştirmede ve öğrencilerin anlamalarının kalıcı olmasını sağlamada fiziksel modellerin etkili ve faydalı olduğu belirlenmiştir (Gabel ve Sherwood, 1980; Copolo ve Hounshell, 1995). Ancak, öğrencilerin moleküler düzeydeki kimyasal süreçleri veya taneciklerin hareketlerini görselleştirebilmesi ve zihninde canlandırabilmesinde bilgisayar ortamında hazırlanan animasyon veya simülasyonlar çok daha başarılı ve etkilidir (Ronen ve Eliahu, 2000). Kimya öğretiminde kavramların daha iyi anlaşılmasında ve kavram yanlışlarının giderilmesinde kullanılan diğer bir yol ise, laboratuvar deneyleri ve etkinlikleridir (Shaffer ve McDermott, 1992). Ancak laboratuvar deneyleri bazı imkansızlıklar nedeniyle yapılamayabilir veya her zaman doğru sonuçlara ulaşılamayabilir. Ayrıca laboratuvar çalışmalarında öğretmenlerin öğrencilere sürekli rehberlik etmesi gerekmektedir. Aksi takdirde daha farklı ve yeni güçlüklerle karşılaşılabilir (McDermott, 1990; Yenitepe, 2002). Ayrıca, bazı kavram yanlışları değiştirilmeye karşı öylesine dirençlidir ki, laboratuvarla konuyla ilgili doğrudan deneyimler bile öğrencilerin fikirlerini değiştirmede başarılı olamayabilir (McDermott, 1990). Halbuki bilgisayar simülasyonları veya animasyonlarla öğrenciler çalışmak istedikleri konu üzerinde güvenli bir şekilde, zaman sıkıntısı olmadan tekrar tekrar çalışabilir ve daha fazla deneyim kazanabilirler. Bu durum onların kendilerine güvenlerini artırır, üzerinde çalıştıkları konu üzerine odaklanmalarını ve motive olmalarını sağlar. Ayrıca, öğrenciler daha az rehberlik ve yardıma ihtiyaç duyarlar (McDermott, 1990).

Kimya öğretiminde bilgisayar animasyonlarının kullanılması, sunulan içeriğin görsel olarak kodlanmasına yardımcı olmaktadır. Böylece öğrenci kendisine sunulan içeriği hem sözlü hem de görsel olarak zihninde kodlamakta, bilgileri daha kısa sürede ve anlamlı olarak öğrenmektedir. Bu durumda bilgi daha kalıcı olmakta ve hatırlanması daha kolay olmaktadır (Baykal, 1990; Sezgin ve Köymen, 2002). Bazı çalışmalarda animasyonlar ve simülasyonların öğrencilerin kavramsal anlamalarını geliştirdiği ve kavram yanlışlarını gidermede etkili olduğu da ortaya çıkmıştır (Sanger ve Greenbowe, 2000; Russell vd., 1997). Ayrıca ders kitaplarının ve diğer yazılı kaynakların sunduğu hareketsiz resimlere kıyasla, hareketli nesnelerin yer aldığı animasyon ve simülasyonların kullanımı dersi öğrenciler için daha ilginç kılabilir. Böyle olması durumunda öğrencinin

üzerinde çalışacağı animasyona ve verilmek istenen konuya olan ilgisi ve merakı artacaktır (Mistler-Jackson ve Songer, 2000; Stokes, 2001; Weiss vd., 2002).

Bilgisayarda animasyonların ve simülasyonların hazırlanması ve bunların öğretimde kullanılması sırasında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Bölüm 1,7.2.3.'de vurgu yapılacağı gibi, animasyon ve simülasyonlar da eğitimcilerin ve bilgisayar uzmanlarının içinde olduğu bir komisyon tarafından hazırlanmalıdır. Ayrıca, hazırlanan animasyonların derste nasıl kullanılacağına ayrıntılı planlanması gereklidir. Tasarım esnasında dikkat çekici unsurlar kullanılmalı, ancak aşırıya kaçılmamalıdır. Dikkat çekici unsurlar, öğretilmek istenen ve ekranda yer alan bilgilerle ilişkili olmalı ve örtüşmelidir. Aksi takdirde öğrencilerin ilgisi öğretilmek istenen kavramsal açıklamadan daha çok animasyona yönelecektir. Ayrıca animasyonların hazırlanmasında diğer önemli husus etkileşimdir. Animasyon ve simülasyonlar, öğrencilerin onları yönlendirmesini, üzerlerinde odaklanmalarını ve onlarla uğraşmalarını sağlayacak şekilde etkileşimli olarak hazırlanmalıdır. Öğrenci ekranla etkileşim içerisinde değişkenleri değiştirebilmeli, yaptığı müdahalelerin sonuçlarını rahatlıkla görebilmelidir. Özellikle Quick Time ve Flash animasyonlarında öğrenci istediği yerde animasyonu durdurulabilir, bazı detayları daha yakından ve ayrıntılı görme fırsatı bulabilir (Vermaat vd., 2003). Bu şekilde, öğrencilerin animasyonla ve bilgisayarla etkileşim içerisinde olması sağlanarak, öğrenci aktif kılınmaktadır.

BDÖ'nün gerek animasyon ve simülasyonları içeren *benzetim* uygulamalarını ve gerekse daha önce bahsedilen *ders sunumu* ve *problem çözme* gibi farklı uygulamalarını dikkate alan çeşitli BDÖ materyalleri tasarlanmaktadır. Ancak, hangi uygulama amacıyla olursa olsun BDÖ materyallerinin geliştirilmesinde birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. 1.7.2.6'da bu faktörler etraflıca irdelenmeye çalışılmaktadır.

1.7.2.3. Bilgisayar Destekli Öğretim Materyalleri

Bilgisayar destekli öğretimde bilgisayardan etkili biçimde yararlanılabilmesi için öncelikle yeterli sayıda ve nitelikte yazılımlara ihtiyaç vardır. Bu sağlanamadan okullarda bilgisayar destekli öğretimin başarılı olması beklenemez. BDÖ yazılımlarında veya materyallerinde olması gereken özelliklerden bazıları bu bölümde kısaca açıklanmıştır.

BDÖ materyallerinin eğitim programını destekleyici ve programda belirlenen amaç ve hedefleri öğrenciye kazandırıcı nitelikte olması gerekmektedir (Kabapınar vd., 2000; Haggas ve Hantula, 2002). Bu nedenle, yazılım veya materyallerin programların değişimine paralel olarak sürekli yenilenmesi ve geliştirilmesi gerekir. Ancak, daha önce de ifade edildiği gibi, ülkemizde farklı alanlarda ve konularda hazırlanmış BDÖ materyallerinin öğretim programları ile uyumluluğu birçok durumda sağlanamamaktadır.

BDÖ materyallerinin programa uyumlu olma gerekliliğinin yanı sıra, etkili öğrenme ortamlarını öğrenciye sunabilmesi de gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle, BDÖ materyalleri programla uyumlu olan hedef ve kazanımları öğrencilere kazandırabilecek öğretim aşamalarına sahip olmalıdır (İşman, 2001). Konular ve kavramlar adım adım ve ilişkili bir şekilde sunulmalı, öğretilecek konu ve kavramlar açık bir şekilde ortaya konulmalıdır. Özetle, materyal kavramsal öğrenmeyi destekleyici nitelikte olmalıdır (Varol, 1996; İşman, 2001).

BDÖ yazılımlarının veya materyallerinin kullanım kolaylığı ve anlaşılabilirliği oldukça önemlidir. BDÖ materyalleri öğrenciler ve öğretmenler tarafından rahat ve kolay kullanılabilir. Kullanımı karmaşık veya zor olan bir yazılım veya materyal öğrenme sürecini olumsuz yönde etkileyebilir. BDÖ materyallerinde kullanılan ara yüzelerin somut ve görünebilir olması, etkili bir yönlendirme sağlaması, geri bildirim sağlaması, esnek bir yapı içermesi, basitlik ve uyumluluk ilkelerine uygun olması, iyi bir bilgilendirme ve kontrol sağlaması tasarımcının en çok dikkate alınması gereken etkenlerdendir (Altun vd., 1999). Kullanımı kolay bir BDÖ materyali, öğrencinin onu nasıl kullanacağından ziyade içerik üzerinde yoğunlaşmasına imkan vermelidir (Flagg, 1990).

BDÖ’de kullanılacak materyallerin sahip olması gereken diğer bir özellik ise etkileşimli olmasıdır (Odabaşı, 1998; İşman, 2001, Morgil vd., 2004). Etkileşimli materyallerde öğrenciler bilgisayardaki sorulara yanıt vermek, bir sonraki adıma geçebilmek veya verilen bir yönergeyi yapabilmek için dikkatini derse ve materyale odaklamak durumunda kalmaktadır (Uşun, 2000, 2004). Bu şekilde öğrencilerin sürekli aktif olması ve kendi öğrenmesinden sorumlu olması sağlanmış olur.

BDÖ materyallerinde içerik ve içeriğin sunumu kadar görsel ve işitsel tasarımı da oldukça önemlidir (Hannafin ve Peck, 1988). Animasyonlar, ekranda kullanılan renkler, yazı stilleri, grafikler, eğitici oyunlar gibi faktörler öğrenciyi etkili bir öğrenmeye teşvik etmeleri nedeniyle oldukça önemlidirler. Bu nedenle materyaller itici olmamalı, göz zevkine uygun olmalı ve uygun grafik ve renkleri içermelidir. Tercih edilmesi gereken

ekran özelliklerinin neler olduğu literatürde ayrıntılı olarak bahsedilmektedir (Shneiderman, 1997; Bülbül, 1999; İşman, 2001).

Bir BDÖ materyali hazırlarken dikkat edilecek hususlar, başka bir ifadeyle BDÖ materyallerinin sahip olması gereken nitelikler Asan (1998) tarafından şu şekilde ifade edilmektedir:

- Bilişsel yüklemekten kaçınılmalı, çok sayıda ve karmaşık bilgi içeren sunumlardan kaçınılmalıdır,
- Öğrencilerin dikkatlerini verilmek istenilen bilgiye çekilmeli, çok fazla uyarıcının bir arada kullanılmamasına dikkat edilmelidir,
- Öğrencinin hazır bulunuşluk düzeyi dikkate alınmalı ve onlara gerekli yerlerde ek bellek destekleyiciler sunulmalıdır,
- Yeni karşılaşılan kısa süreli bellekteki bilgilerin uzun süreli belleğe geçmesini sağlayacak teknikler (tekrarlar vb.) kullanılmalıdır,
- Uzun süreli bellekteki bilgilerin daha kolay hatırlanmasını sağlayacak etkili kodlama teknikleri içermeli (çok sayıda örneklere yer verilmesi, örneklerin resim ve animasyonlarla görselleştirilmesi, bilgilerin sınıflandırılması ve birbiriyle ilişkilendirilmesi vb.),
- Öğrencinin yaparak yaşayarak öğrenmesine fırsat verecek etkinlikleri, uzun süreli bellekteki bilgilerin hatırlanmasını kolaylaştırıcı ipuçlarını ve hatırlatıcıları içermelidir.

Ülkemizde az sayıda da olsa bilgisayar destekli yazılımlara ve materyallere rastlanılmaktadır. Ancak yapılan araştırmalar çeşitli firmalarca hazırlanmış yazılımların birçok açıdan yetersiz olduğunu ifade etmektedir (Altun vd., 1999; Kabapınar vd., 2000; Özdener ve Erdoğan, 2001b; Altın, 2001; Ayas vd., 2001b; Karataş, 2003). Bunun temel sebebi, bu yazılımların eğitimciler veya eğitimcilerinde içinde olduğu bir komisyon tarafından hazırlanmaması, birçoğunun bilgisayar uzmanları tarafından hazırlanmasıdır. Bu durum geliştirilen materyallerin özellikle eğitsel yönden yetersiz olmalarına neden olmaktadır (Samur, 1989). Etkili BDÖ materyallerinin bahsedilen bu özellikleri mutlaka dikkate alınmalıdır.

1.7.2.4. Bilgisayar Destekli Öğretimle İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde BDÖ'nün öğrencilerin başarılarını artırmada ve anlamalarını geliştirmede etkili olduğunu ifade eden çok sayıda çalışma bulunmaktadır. BDÖ ile ilgili bazı çalışmalardan, daha önce yeri geldiğinde bahsedilmiştir. Ancak ulusal ve uluslar arası literatürde, BDÖ'nün ve bilgisayar animasyonlarının öğrenci başarısı ve anlamaları üzerine etkisini araştıran çalışmalardan bazıları bu bölümde daha detaylı olarak özetlenmiştir.

Copolo (1992) moleküler yapıların üç boyutlu bilgisayar simülasyonlarıyla oluşturulmuş modeller yardımıyla öğretiminin organik izomerler konusunun öğrenciler tarafından anlaşılmasında ne derece etkili olduğunu belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Kuzey Karolina'nın Durham eyaletindeki bir lisede kimya çalışan on birinci sınıf öğrencileri üzerinde yürütülen çalışmanın örneklemini 52 öğrenci oluşturmaktadır. Çalışmada deneysel desen kullanılmış ve 26'şar kişiden oluşan iki öğrenci grubu deney ve kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Deney grubundaki öğrenciler organik izomerlerin molekül yapılarını "Molecular Editor" adı verilen programda hazırlanmış üç boyutlu bilgisayar simülasyonları yardımıyla çalışırken, kontrol grubundaki öğrenciler konuyu ders kitaplarındaki iki boyutlu gösterimlerle çalışmışlardır. Çalışmada veri toplama aracı olarak konuyla ilgili hazırlanan başarı testleri kullanılmıştır. Bu testler öğretimin hemen sonrasında son-test olarak ve öğretimden 40 gün sonra ise gecikmiş test olarak her iki gruptaki öğrencilere uygulanmıştır. veriler istatistiksel olarak analiz edilmiş ve gruplara arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Son-testten elde edilen verilen kontrol grubundaki öğrencilerin deney grubundaki öğrencilere göre daha başarılı olduklarını göstermiştir. Ancak gecikmiş testte verilen cevapların analizi ise bilgisayar simülasyonları ile konuyu çalışan öğrencilerin daha başarılı oldukları sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Friedler vd. (1992) bilgisayar destekli öğretimin enzim reaksiyonları konusunun öğrenciler tarafından anlaşılmasındaki etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. İsrail'deki altı okuldan seçilen onuncu sınıf öğrencileri üzerinde yürütülen çalışmanın örneklemini 71 öğrenci oluşturmaktadır. Çalışmada deneysel desen kullanılmış ve 41 öğrenciden oluşan deney grubu konuyu ve deneyleri bilgisayarda hazırlanmış simülasyonlarla çalışmıştır. 30 öğrenciden oluşan kontrol grubundaki öğrenciler ise konuyu geleneksel yöntemle işlemiş ve deneyleri bilgisayar simülasyonları olmadan, laboratuarda bizzat kendileri gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada veri toplama aracı olarak konuyla ilgili hazırlanmış bir başarı testi kullanılmış ve bu başarı testi öğretim öncesi ve

sonrasında ön ve son-test olarak örnekleme uygulanmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilmiş ve sonuçlar deney grubu öğrencilerinin son-testten aldıkları puanların ortalamasının kontrol grubundaki öğrencilerin ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğunu göstermiştir. Çalışmada bilgisayar simülasyonlarının öğrenci başarısı üzerinde büyük etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

Yalçınalp vd. (1995) mol kavramının öğretiminde bilgisayar destekli öğretim yönteminin kullanılmasının öğrenci başarısına ve kimya derslerine karşı tutumuna olan etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmanın örneklemini fen dersini alan 101 sekizinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. 51 kişiden oluşan deney grubunda konu bilgisayar destekli öğretim yöntemi ile işlenirken, 50 kişiden oluşan kontrol grubunda konu geleneksel yöntemlerle işlenmiştir. Çalışmada veri toplama aracı olarak başarı testi ve tutum ölçeği kullanılmıştır. Veri toplama araçları 4 hafta boyunca süren öğretim öncesi ve sonrasında her iki gruptaki öğrencilere uygulanmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışmanın sonunda deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin son-test ortalamaları t-testi ile karşılaştırılmış ve başarı açısından deney grubu lehine anlamlı bir farkın olduğu ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde tutum ölçeğinden alınan puanlar karşılaştırıldığında da, deney grubu öğrencilerinin kimyaya derslerine karşı tutumlarında anlamlı düzeyde ve pozitif yönde değişimlerin olduğu belirlenmiştir.

Coştu vd. (2002a), hal değişimi ile ilgili olarak belirledikleri kavram yanlışlarını ortadan kaldırmak üzere bilgisayar destekli bir rehber materyal geliştirmek ve hazırlanan bu materyalin öğrencilerde görülen kavram yanlışlarını gidermedeki etkisini incelemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu amaç kapsamında araştırmacılar; ilköğretim 8. sınıf kademesinde öğrenim gören 27'şer öğrenciden oluşan iki sınıfı deney ve kontrol grubunu oluşturacak şekilde seçmişler ve deney grubuna hazırlanmış oldukları bilgisayar destekli rehber materyal uygulanmasını, kontrol grubuna ise geleneksel öğretimin uygulanmasını sağlamışlardır. Veri toplama aracı olarak ise aynı hedef davranışları ölçmeye yönelik farklı sorulardan oluşan bir ön test ve bir son test hazırlanmışlardır. Çalışma sonunda hazırlanmış oldukları bilgisayar destekli materyalin, öğrencilerin ön testte yer alan hal değişimi grafiklerinin çiziminde göstermiş oldukları yanlışlarını çoğunlukla önlediğini belirlemişlerdir.

Akçay vd. (2003a), çözeltiler konusunun öğretimi için bilgisayar ortamında hazırlanmış benzeşim ve canlandırmaların etkisini araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada benzeşim ve canlandırmaların kullanıldığı öğretimin öğrencilerin başarısına ve

kimya derslerine karşı tutumlarına etkisini araştırılmıştır. Çalışmanın örneklemini 84 lise ikinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak Bilimsel Başarı Testi, Kimya Tutum Ölçeği, Bilgisayar Tutum Ölçeği, Benzeşim Tutum Ölçeği ve Mantıksal Düşünme Yeteneği Testi kullanılmıştır. Çalışmada üç farklı okuldaki üç sınıftan seçilen 42 (16+9+17)'şer öğrenci deney ve kontrol grubu olarak belirlenmiştir. 12 ders saati boyunca deney grubundaki öğrenciler Front Page, Flash 5, AutoCAD ve ChemLab programları yardımıyla oluşturulmuş canlandırma ve benzeşimlerle konuyu işlerlerken, kontrol grubunda konu geleneksel yöntemlerle işlenmiştir. Çalışma sonunda her iki gruptaki öğrencilerin başarılarının arttığı, ancak benzeşimlerin kullanıldığı bilgisayar tabanlı öğrenme yönteminin geleneksel öğretim yöntemlerine göre öğrenci başarısını daha da fazla artırdığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca kontrol grubundaki öğrencilerin kimyaya karşı tutumlarında anlamlı bir fark gözlenmezken, deney grubundaki öğrencilerin tutumlarında olumlu yönde ve anlamlı düzeyde farklılık olduğu belirlenmiştir.

Yenice (2003) ilköğretim 8. sınıf düzeyinde bilgisayar destekli fen öğretimi yönteminin öğrencilerin fen ve bilgisayara karşı tutumları üzerine etkisi olup olmadığını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Ayrıca cinsiyetin ve bilgisayar kullanma sıklıklarının onların tutumları üzerinde etkili bir faktör olup olmadığını da araştırmışlardır. Çalışmanın örneklemini Aydın ilinde Müfredat Laboratuar Okulu Modeli kapsamında bulunan bir ilköğretim okulunda öğrenim gören 66 8. sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmada 33 kişiden oluşan deney grubu 20 ders saati boyunca genetik konusunu bilgisayar destekli yöntemle işlerken, kontrol grubu konuyu geleneksel yöntemlerle işlemiştir. Araştırmada veri toplama aracı olarak; Fen Bilgisi Tutum Ölçeği ve Bilgisayar Tutum Ölçeği kullanılmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için veri toplama araçları öğretim öncesi ve sonrasında uygulanmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Araştırma sonunda, kontrol grubunun fene ve bilgisayara karşı tutumlarında istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme belirlenemezken, bilgisayar destekli fen öğretiminin öğrencilerin fene ve bilgisayara yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Öğrencilerin bilgisayar kullanma sıklıkları ile bilgisayara yönelik tutumları arasında da anlamlı ilişkiler olduğu bulunmuştur.

Özmen ve Kolomuç (2004) çözeltiler konusunun bilgisayarla öğretiminin öğrenci başarısı üzerine etkisini incelemiş ve geleneksel metotla karşılaştırmıştır. Çalışmanın örneklemini deney ve kontrol grubundan 40'ar olmak üzere toplam 80 lise ikinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmada veri toplamak amacıyla 20 çoktan seçmeli ve 5 açık

uçlu sorudan oluşan bir test kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, bilgisayarla öğretim yapılan öğrencilerin açık uçlu sorulardaki başarısının, geleneksel sınıftaki öğrencilerden daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Ancak, uygulamadan sonra çoktan seçmeli sorulara verilen cevaplar arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Sonuç olarak, her iki yönteminde istenen düzeyde bir başarıyı sağlayamadığı ifade edilmiştir.

Kıyıcı ve Yumuşak (2005) bilgisayar destekli öğretim yönteminin asit-baz kavramları ve titrasyon konularının anlaşılmasında geleneksel yöntemle göre üstün olup olmadığını araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada deneysel yöntem kullanılmış ve Sınıf Öğretmenliği Programında 2. sınıfta öğrenim gören toplam 64 öğrenci örneklem olarak belirlenmiştir. Veri toplama aracı olarak araştırmacıların geliştirdiği bir başarı testi kullanılmış ve bu test öğretim öncesi ve sonrasında her iki gruba da uygulanmıştır. Deney ve kontrol grubu olarak Sınıf Öğretmenliği programının iki farklı şubesindeki öğrenciler rasgele belirlenmiştir. Kontrol grubunda geleneksel öğretim metotları uygulanırken, deney grubuna Bilgisayar Destekli Öğretim verilmiştir. Deney grubuna verilen öğretim, öncelikle konunun teorik olarak bilgisayar ortamında anlatılmasını ve sonrasında ChemLab programı yardımıyla pH tespiti ve titrasyon deneylerinin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesini içermektedir. Ön ve son-test verileri SPSS 11.0 kullanılarak analiz edilmiş ve t-testi ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın sonunda ön-testte başarı açısından iki grup arasında farklılık belirlenemezken, son-test ortalamaları karşılaştırıldığında deney grubu lehine anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar bilgisayar destekli öğretim ortamında ki öğrenci kazanımlarının, geleneksel sınıf öğretimindeki kazanımlara kıyasla daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir.

Çepni vd. (2006) fotosentez konusunun bilgisayar destekli öğretim yöntemiyle işlenilmesinin öğrencilerin bilişsel gelişimlerine, kavram yanlışlarına ve tutumlarına etkisini araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın örneklemini 52 on birinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmada deneysel desen kullanılmış ve 26'şar kişiden oluşan iki sınıftan biri kontrol, diğeri ise deney grubu olarak belirlenmiştir. Veri toplama aracı olarak fotosentez konusunda hazırlanmış başarı testi, aynı konuda hazırlanmış kavram testi ve biyolojiye karşı tutum ölçeği kullanılmıştır. Veri toplama araçları öğretim öncesi ve sonrasında örnekleme uygulanmış ve elde edilen veriler istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda deney grubu öğrencilerinin başarı açısından daha üstün oldukları ve iki grubun ortalamaları arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca konunun bilgisayar destekli

öğretiminin öğrencilerin bilişsel alanın anlama ve uygulama düzeylerindeki öğrenmelerini artırdığı sonucu ortaya çıkmıştır. Ancak bu olumlu sonuçların aksine, deney grubunda uygulanan öğretimin kavram yanlışlarını gidermede beklendiği kadar etkili olamadığı belirlenmiştir.

Akçay vd. (2006) analitik kimyanın öğrenilmesinde bilgisayar destekli öğretimin ve geleneksel öğretim yönteminin öğrenci başarısına ve tutumuna etkisini incelemiştir. DEÜ Kimya eğitimi bölümünde okuyan öğrenciler üzerinde yapılan çalışmada öğrenciler ikisi deney ve biri kontrol olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Analitik kimya konularının öğretiminde araştırmacılar tarafından geliştirilen analitik kimya öğrenme yazılımı (HEHAsit) ve Microsoft Excel programı kullanıldı. HEHAsit birinci deney grubunda, Microsoft Excel programı ise ikinci deney grubunda konunun öğretimi için kullanıldı. Kontrol grubu ise geleneksel yöntemle konuyu işledi. Çalışmada veri toplama aracı olarak Analitik Kimya Tutum Ölçeği, Bilgisayara Karşı Tutum Ölçeği ve Analitik Kimya Başarı Testi kullanıldı. Veri toplama araçları her üç gruba da öğretim öncesi ve sonrasında uygulandı. Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri kontrol grubu öğrencilerinin analitik kimyaya ve bilgisayara karşı tutumlarında öğretim sonrasında anlamlı bir farklılık olmadığını, ancak deney gruplarındaki öğrencilerin analitik kimyaya ve bilgisayara karşı tutumlarında son test lehine anlamlı bir farklılığın oluştuğunu ortaya çıkardı. Ayrıca başarı testinden alınan puanlar karşılaştırıldığında her üç grubun ön ve son test puanları arasında anlamlı farklılık tespit edilirken, ön ve son test puanları arasındaki artışın deney gruplarında daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Saka ve Akdeniz (2006) fen bilgisi öğretmen adaylarının anlamakta zorluk çektikleri genetik kavramlarıyla ilgili animasyon ve simülasyonlardan oluşan Flash programında hazırlanmış bilgisayar destekli öğretim materyalleri geliştirmek ve bu materyalleri 5E modeline dayalı planlanan etkinlikler içerisinde kullanarak öğrenme üzerine olan etkilerini tespit etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Örneklem olarak Bilgisi Öğretmenliği programında öğrenim gören 25 son sınıf öğrencisi seçilmiştir. Çalışmada veri toplamak için test ve mülakatlar kullanılmıştır. Tüm örnekleme uygulanan testlerden elde edilen öğrenci cevapları analiz edilirken 7 kategoriden oluşan bir kodlama sistemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda öğrencilerin anlama seviyelerinde olumlu yönde değişimler tespit edilmiş ve bütünleştirici öğrenme ortamında bilgisayar destekli öğretimin kullanılmasının genetik kavramlarının öğretiminde başarıyı yükselten bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 2’de BDÖ ile ilgili bazı çalışmalar özetlenmiştir.

Tablo 2. BDÖ ile ilgili bazı çalışmalar

| Yazar(lar) | Araştırılan Konu/Yöntem | Örnekleme | Veri Toplama Araçları | Çalışmanın Sonuçları |
|--------------------------|---|---------------------------------|---|--|
| Copolo (1992) | Organik izomerler konusunun bilgisayar simülasyonlarıyla öğretilmesinin öğrenci başarısına etkisinin geleneksel yöntemlerle kıyaslanması | 11. sınıf öğrencileri | Başarı testleri | Son-testte kontrol grubundaki öğrenciler, deney grubundaki öğrencilere göre daha başarılıyken; gecikmiş teste deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla daha başarılı oldukları ortaya çıkmıştır |
| Friedler vd. (1992) | Bilgisayar simülasyonlarının öğrencilerin enzim reaksiyonları konusundaki başarılarına etkisinin geleneksel yöntemlerle kıyaslanması | 10. sınıf öğrencileri | Başarı testi | Bilgisayar simülasyonlarının öğrenci başarısı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu ve deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla daha başarılı oldukları ortaya çıkmıştır |
| Yalçınalp vd. (1995) | BDÖ'nün öğrencilerin mol kavramıyla ilgili başarılarına ve kimya derslerine karşı tutumlarına etkisinin geleneksel yöntemlerle kıyaslanması | 8. sınıf öğrencileri | Başarı testi, Tutum ölçeği | BDÖ'nün kullanıldığı deney grubu öğrencileri, geleneksel yöntemlerin kullanıldığı kontrol grubu öğrencilerine göre hem mol kavramını anlamada daha başarılı olmuşlar, hem de kimyaya karşı daha pozitif tutum geliştirmişlerdir |
| Coştu vd. (2002a) | Geliştirilen bir BDÖ materyalinin hal değişimi konusundaki öğrenci yanılgılarının giderilmesindeki etkililiğinin araştırılması | 8. sınıf öğrencileri | Kavram Testleri | BDÖ materyali hal değişimi grafiklerinin çizimiyle ilgili öğrenci yanılgılarının çoğunluğunu gidermede başarılı olmuştur |
| Akçay vd. (2003a) | Bilgisayar ortamında hazırlanmış benzeşim ve canlandırmaların öğrencilerin çözeltiler konusundaki başarılarına ve kimya derslerine karşı tutumlarına etkisinin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması | 10. sınıf öğrencileri | Başarı Testi, Kimya Tutum Ölçeği, Bilgisayar Tutum Ölçeği | Bilgisayar ortamında hazırlanmış benzeşim ve canlandırmalarla konuyu işleyen öğrencilerin hem başarıları hem de kimya derslerine karşı tutumları, geleneksel yöntemlerle konuyu işleyen öğrencilere kıyasla daha fazla artmıştır |
| Yenice (2003) | Genetik konusunun öğretiminde kullanılan BDÖ yönteminin öğrencilerin fen derslerine ve bilgisayara karşı tutumlarına etkisinin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması | 8. sınıf öğrencileri | Fen Bilgisi Tutum Ölçeği, Bilgisayar Tutum Ölçeği | Geleneksel öğretimle konuyu işleyen öğrencilerin fen derslerine ve bilgisayara karşı tutumlarında anlamlı bir gelişme olmadığı, ancak BDÖ yöntemiyle konuyu işleyen öğrencilerin fen derslerine ve bilgisayara yönelik tutumlarında olumlu yönde gelişmeler olduğu belirlenmiştir |
| Özmen ve Kolomuç (2004) | BDÖ'nün öğrencilerin çözeltiler konusundaki başarılarına etkisinin geleneksel yöntemlerle kıyaslanması | 10. sınıf öğrencileri | Başarı Testi | Hem BDÖ yöntemiyle hem de geleneksel yöntemle konuyu işleyen öğrencilerin başarıları arasında anlamlı bir fark görülmemiş, her iki yöntem de öğrencilerde istenen başarıyı sağlayamamıştır. |
| Kıyıcı ve Yumuşak (2005) | BDÖ yönteminin asit-baz kavramları ve titrasyon konularının anlaşılmasında geleneksel yöntemlere göre üstün olup olmadığının belirlenmesi | Üniversite 2. sınıf öğrencileri | Başarı Testi | BDÖ'nün kullanıldığı öğrenciler, geleneksel yöntemlerin kullanıldığı öğrencilerine göre daha başarılı olmuşlardır. BDÖ ile konuyu işleyen öğrencilerin kazanımlarının, geleneksel yöntemlerle konuyu işleyen öğrencilere kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. |
| Çepni vd. (2006) | Fotosentez konusunun öğretiminde BDÖ yönteminin öğrencilerin bilişsel gelişimlerine, başarılarına ve kavram yanılgılarına etkisinin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması | 11. sınıf öğrencileri | Başarı testi, Kavram testi, Biyoloji tutum ölçeği | BDÖ'nün kullanıldığı öğrenciler, geleneksel yöntemlerin kullanıldığı öğrencilerine göre daha başarılı olmuşlardır. BDÖ'nün, öğrencilerin bilişsel alanın <i>anlama</i> ve <i>uygulama</i> düzeylerindeki öğrenmelerini artırdığı belirlenmiştir. BDÖ konuyla ilgili öğrenci yanılgılarını gidermede beklenen etkiyi gösterememiştir. |

Tablo 2'nin devamı

| | | | | |
|------------------------|---|---------------------------------|--|--|
| Akçay vd. (2006) | Analitik kimyanın anlaşılmasında BDÖ yönteminin öğrenci başarısına ve tutumuna etkisinin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması | Üniversite 2. sınıf öğrencileri | Analitik Kimya Tutum Ölçeği, Bilgisayar Tutum Ölçeği, Başarı Testi | BDÖ'nün kullanıldığı deney grubu öğrencileri, geleneksel yöntemlerin kullanıldığı kontrol grubu öğrencilerine göre hem analitik kimya konularını anlamada daha başarılı olmuşlar, hem de analitik kimyaya ve bilgisayara karşı daha pozitif tutum geliştirmişlerdir. |
| Saka ve Akdeniz (2006) | Genetik kavramının bütünlendirici yaklaşımla öğretilmesinde BDÖ'nün öğrenci anlamaları üzerine etkilerini tespit etmek | Üniversite 4. sınıf öğrencileri | Başarı testi, Mülakat | Bütünlendirici öğrenme ortamında BDÖ'nün kullanılmasının genetik kavramlarının öğretiminde başarıyı artırdığı belirlenmiştir. |

Literatürde öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki kavramları anlamakta güçlük çektikleri ve kavram yanılgılarına sahip olduklarını rapor eden birçok çalışma bulunmaktadır. Farklı çalışmalarda öğrencilerin konuyla ilgili sahip oldukları belirlenen yanılgılar Tablo 3'de özetlenmektedir.

Tablo 3. Literatürden belirlenen yanılgılar ve ilişkili oldukları alanlar

| Alan | Öğrencilerin Kavram Yanılgıları | Çalışmalar* |
|--|---|-------------|
| Kimyasal Bağ Oluşumu (Genel) | Öğrenciler atomları canlıymış gibi düşünerek, atomları bir arada tutan şeyin onların <i>bağ yapma istekleri, kararlı hale geçme istekleri, mutlu olma istekleri veya son kabuklarını tam doldurma istekleri</i> olduğunu düşünmektedirler | 1,2,3,4,5 |
| | Atomlar oktet kuralına uymak (değerlik elektronlarını sekize tamamlamak) için bağ yaparlar | 2,3,6,7 |
| | Normalde atomlar yüklü halde bulunurlar. Kimyasal bağlanma (+) veya (-) yüklü atomların birbirini çekmesi sonucu oluşur | 1,3 |
| | Kimyasal bağ; atomlar arasında elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması esnasında ortaya çıkan enerjidir. Bu enerji iki atomun bir arada durmasını sağlar | 8,9 |
| | Elektronlar birbiriyle bütünlüşerek bağlanmayı gerçekleştirir veya elektronlar bağ yapmak için birbirlerini çekerler | 1 |
| | Bazı öğrenciler kimyasal bağı fiziksel bir nesne olarak düşünmektedirler | 9 |
| | Bağ oluşumu esnasında elektronlar kaybolur | 8 |
| | Bağ oluşumu esnasında elektronlar bölünür | 3,9 |
| | Bağ elektronları hareketsizdir | 1 |
| | Kimyasal bağ oluşumu sırasında enerji gerekli iken, kimyasal bağın koparılması sırasında enerji açığa çıkar | 9,10,11 |
| Hem bağ oluşumu hem de bağların kırılması için enerji gereklidir | 9 | |

Tablo 3'ün devamı

| | | |
|--------------|---|------------------------------------|
| | Bağların kırılması hem endotermik hem de ekzotermiktir. Bağların kırılması için enerji gereklidir ama bağlar kırıldıktan sonra ise enerji açığa çıkar | 10 |
| İyonik Bağ | Öğrenciler iyonik ve kovalent bağı birbirleriyle karıştırmaktadırlar (iyonik bağdaki elektronlar iki atom arasında paylaşılmıştır, iyonik bağ ametal atomları arasında gerçekleşir vb.) | 1, 9, 12, 13, 14, 15, 16 |
| | İyonik bağ, metal atomları arasında gerçekleşir | 8 |
| | İyonik bağ sadece alkali metaller ile halojenler arasında gerçekleşir | 8 |
| | İyonik bileşikler moleküler yapıdadır. Örneğin sodyum klorür, bir tane sodyum ve bir tane klor atomundan oluşan basit bir moleküldür | 2, 5, 6, 9, 13, 15, 17, 18, 19, 20 |
| | İyonik bağ sadece elektron alışverişinin olduğu iki atom arasında gerçekleşir. Örneğin; sodyum klorürde, bir sodyum atomu bir klor atomuna iyonik bağla bağlıdır. Diğerleriyle arasında sadece bazı çekim kuvvetleri vardır | 2, 5, 13, 15, 16, 18 |
| | İyonik bağ, kovalent bağla kıyaslandığında gerçek bağ bile sayılmaz. Bağ olabilmesi için iki atom arasında elektron paylaşımı olması gerekir | 9 |
| | İyonik bileşiklerde moleküller arasında Van der Waals kuvvetleri vardır | 9 |
| | İyonik bileşikler oda sıcaklığında genellikle sıvı ya da gaz haldedir | 8 |
| Kovalent Bağ | Öğrenciler iyonik ve kovalent bağı birbirleriyle karıştırmaktadırlar (kovalent bağda atomlardan biri elektron alırken diğeri elektron verir, kovalent bağ metal ve ametal atomları arasında gerçekleşir vb.) | 1, 9, 13, 14, 15, 21 |
| | Bir kovalent bağda, bağ denilen şey; bağ yapan elektronlardır | 2 |
| | Kovalent bağ oluşumu sırasında elektronlar iki atom arasında bölünürler | 3,9 |
| | Kovalent bağda bağ elektronları iki atom arasında hareketsiz dururlar | 1 |
| | Kovalent bağ, metal atomları arasında gerçekleşir | 8 |
| | Kovalent bağ, soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir | 8 |
| | Öğrenciler polar ve apolar kovalent bağı birbiri ile karıştırmaktadır (polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır ve apolar kovalent bağda elektronlar atomlardan birine daha yakındır) | 1 |
| | Tüm kovalent bağlarda bağ elektronları her iki atoma da eşit uzaklıktadır | 13, 22, 23 24 |
| | Grafitte karbon atomlarından bazıları bağ yapmaz, grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bu delokalize karbon atomları elektriği iletir | 15 |
| | Grafit birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakasına sahiptir ve birbiri üzerinde kayabilen bu tabakalar sayesinde elektriği iletir | 15 |
| | Kovalent bağlı yapılar, en fazla iki yada üç atom içeren moleküllerden oluşur | 15 |
| | Kovalent bağ hidrojen bağından daha zayıftır | 1 |
| | Kovalent bağda, çapı büyük olan atom bağ elektronlarını kendine daha çok çeker | 24 |

Tablo 3'ün devamı

| | | |
|------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Metalik Bağ | Metalik bağ, metal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleşir | 8 |
| | Metalik bağ, metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşir | 8 |
| | Metaller moleküler yapıdadır | 5 |
| | Metalik bağ, kovalent bağla kıyaslandığında gerçek bağ bile sayılmaz. Bağ olabilmesi için iki atom arasında elektron paylaşımı olması gerekir | 9 |
| Moleküller Arası Kuvvetler (Genel) | Bazı öğrenciler moleküller arası kuvvetleri moleküllerdeki atomlar arasındaki bağlar olarak düşünmekte ve moleküller arası kuvvetleri atomlar arasındaki bağlar ile karıştırmaktadırlar | 1, 10, 12, 15, 22, 23, 25, 26, 27, 28 |
| | Moleküller arasında herhangi bir etkileşim yoktur | 16 |
| | Bir maddenin erime ve kaynama noktası, o maddeyi oluşturan moleküllerin atomları arasındaki bağların kuvveti ile ilişkilidir | 8, 15, 25 |
| Hidrojen Bağı | Hidrojen bağı, molekül içi bir bağıdır | 1, 8, 12, 15, 22, 23 |
| | Hidrojen bağı, kovalent bağın bir türüdür | 8 |
| | Hidrojen bağları en kuvvetli bağlardır | 1 |
| | Bazı öğrenciler iyonik bağ ile hidrojen bağını birbiriyle karıştırmaktadırlar | 10 |
| Van der Waals Kuvvetleri | Van der Waals kuvvetleri, apolar moleküllerde atomlar arasında bulunur | 8 |
| | Van der Waals kuvvetleri yalnızca soy gaz atomları arasında bulunur | 8 |
| | Van der Waals bağlarının kuvveti, molekülün büyüklüğüne bağlı ancak molekülün şekline bağlı değildir | 8 |
| Dipol-Dipol Kuvvetleri | Molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olan bileşiklerin erime ve kaynama noktaları, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olanlardan genellikle daha düşüktür | 8 |
| | Dipol-dipol kuvvetleri He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soy gaz atomlarının bir anlık simetrilerinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan moleküller arası zayıf çekim kuvvetleridir | 8 |
| | Dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır | 8 |
| Bağ Yapısı ve Molekül Şekilleri | Bir molekülde, merkez atomunun bağ yaptığı atom sayısı molekülün şeklini belirler. Örneğin; merkez atoma bağlı iki atom varsa molekül doğrusal, üç atom varsa molekül üçgen düzlem biçimindedir | 13 |
| | Bir molekülün şeklini sadece bağ yapan atomlar arasındaki itmeler belirler | 12, 13, 30 |
| | Bir molekülün şeklini sadece bağ yapan elektron çiftleri arasındaki itmeler belirler | 13, 22, 23, 24, 30 |
| | Bir molekülün şeklini sadece bağ yapmayan elektron çiftleri arasındaki itmeler belirler | 22, 24 |
| | Su molekülünün şekli doğrusaldır | 4, 8, 12 |
| | Amonyak molekülü üçgen düzlem şeklindedir | 8, 12 |

Tablo 3'ün devamı

| | | |
|--|--|-------|
| | Sıcaklıkla, basınçla ve hal değişimleri esnasında moleküllerin şekilleri, bağ açıları ve bağ uzunlukları değişir | 4, 12 |
|--|--|-------|

(1) Nicoll, 2001; (2) Robinson, 1998; (3) Eshach ve Garik, 2001; (4) Griffiths ve Preston, 1992; (5) Coll ve Treagust, 2001a; (6) Coll ve Taylor, 2002; (7) Coll ve Treagust, 2003; (8) Ünal, 2003; (9) Boo, 1998; (10) Barker ve Millar, 2000; (11) Hapkiewicz, 1991; (12) Ünal vd., 2002; (13) Atasoy vd., 2003; (14) Coll ve Treagust, 2001b; (15) Tan ve Treagust, 1999; (16) Taber, 1997a; (17) Taber, 1994; (18) Butts ve Smith, 1987; (19) Coll ve Treagust, 2003; (20) Harrison ve Treagust, 2000; (21) Taber, 1997b; (22) Peterson vd., 1989; (23) Peterson ve Treagust, 1989; (24) Birk ve Kurtz, 1999; (25) Treagust, 1988; (26) De Posada, 1997; (27) Taber, 1998; (28) Goh vd., 1993; (29) Furio ve Calatayud, 1996; (30) Yılmaz ve Morgil, 2001;

Literatürde öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki anlamalarına odaklanan çok sayıda çalışma olmasına rağmen, öğrencilerde kavramsal değişimi sağlamaya yönelik çalışmaların olmadığı; Lise 1 öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki anlamalarının ve kavramsal değişimlerinin bir bütün olarak incelenmediği ve öğrencilerde gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığına odaklanan çok az çalışma olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, bilgisayar destekli öğretim yönteminin ve kavramsal değişim metinlerinin farklı konuların öğretiminde genellikle tek başına bir öğretim yöntemi olarak kullanıldıkları belirlenmiş, tek başına kullanıldığında dezavantajları olabilecek bu iki yöntemin birlikte kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma fen bilimleri literatüründeki bu eksikleri göz önüne alarak, bunları gidermeye çalışmıştır. Bir sonraki bölümde, çalışmada kullanılan metodoloji ve takip edilen işlem basamakları detaylı olarak sunulmuştur.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Lise-1 kimya programında yer alan “Maddenin Yapısı” ünitesindeki kimyasal bağlar konusunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretim materyali ile birlikte kullanılan kavramsal değişim metinlerinin öğrenci başarısına ve kavramsal değişime etkisini belirlemek amaçlanmaktadır.

Bu amaca ulaşmak için yapılan tüm işlemler; seçilen araştırma metodolojisi, örneklem, öğretim materyallerinin geliştirilmesi ve uygulanması, veri toplama araçları ve elde edilen verilerin analizi bu bölümde detaylı olarak sunulmuştur.

2.1. Araştırmanın Metodolojisi

Araştırmanın amacı, temel problemi ve cevap aranan alt problemler dikkate alınarak bu çalışmada örnek olay metodolojisi kullanılmıştır. Tütengil’ in Karasar (1998)’in kitabında yer alan ifadesine göre örnek olay, evrendeki belli bir ünitenin (birey, aile, okul vb.) kendisini ve/veya çevresiyle olan ilişkilerini derinlemesine ve oldukça geniş bir şekilde inceleyerek, o ünite hakkında bir yargıya varmayı amaçlayan araştırmaları içeren bir metodolojidir. Stake (1995) örnek olay metodolojisini; karmaşık ve özel bir durumun, kendi önemli durumları içerisinde anlaşılmasına çalışılması olarak tarif etmektedir. Tanımlarından da anlaşılacağı üzere, örnek olay metodolojisi izlenerek yürütülen bir araştırmadan elde edilen veriler yalnızca inceleme konusu olan kişi, durum veya olay için geçerli olup, bir genelleme amacı taşımaz. Her bireyin farklı zihin yapılarına sahip olduğu düşünüldüğünde, bu metodoloji eğitim araştırmaları için de oldukça uygundur. Nitekim, 1980’li yıllarda eğitim çalışmalarında kullanılmaya başlanmış ve giderek yaygınlaşmıştır (Merriam, 1988; Yin, 1994; Bachor, 2000; Çepni, 2005).

Örnek olay metodolojisi, belirlenen bir problemin araştırılan yönünün kısa bir zaman içerisinde ele alınıp, derinlemesine incelenmesine fırsat verir. Bu nedenle bu metodoloji genellikle bir durumun, sürecin veya bir kişi veya sosyal gruba ait özel bir olayın ayrıntılı olarak araştırıldığı çalışmalarda yaygın olarak kullanılır (Libarkin ve

Kurdziel, 2002; Bell, 1987; Merriam, 1988). Bu türden çalışmalarda, araştırılan olay, durum veya kişilerin özelliklerinin detaylarıyla ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır (Çepni, 2005). Bu nedenle bu metodolojinin kullanıldığı çalışmaların en önemli özelliği kapsamının dar, ancak çalışmanın sonunda elde edilen verilerin oldukça zengin olmasıdır (Bell, 1987; Merriam, 1988). Böylece okuyucuya araştırma konusu olan olay, süreç veya kişi(ler) hakkında ayrıntılı bilgiler sunularak, incelenen durum çok net ve anlaşılır bir şekilde betimlenir (Bell, 1987; Bachor, 2000). Bu metodolojinin etkili kullanılması sayesinde olayların olası nedenleri ve nasılları kolaylıkla ortaya çıkartılabilir (Karasar, 1998; Ekiz, 2003; Çepni, 2005).

Örnek olay metodolojisi, belirlenmiş bir durum ya da olay etrafında derinlemesine araştırmaları içeren geniş kapsamlı bir metodoloji olduğundan, araştırma metotlarının tümünü içerebilir. Literatürde bu metodoloji, nitel ve nicel araştırma metotlarını aynı anda içerebilmesinden dolayı bir şemsiyeye benzetilmektedir (Yin, 1994; Cohen ve Manion, 1989; Çepni, 2005). Örnek olay metodolojisi ile yürütülen bir çalışma, genellikle bünyesinde sistematik mülakatları ya da doğrudan yapılan gözlemleri barındırır (Yin, 1994). Bu metodolojide gözlem ve mülakatlar sıkça kullanılmasına rağmen, araştırılacak konuya uygun olarak farklı araştırma metotları da kullanılabilir (Bell, 1987; Yin, 1994; Libarkin ve Kurdziel, 2002). Bu nedenle örnek olay metodolojisi özellikle tek bir metotla araştırılması güç olan durumlarda, birden fazla metodun kullanılmasıyla problemin daha derinlemesine ve farklı yönlerden araştırılmasına imkan verir. Pek çok metodun kullanılması sonucu elde edilen verilerin birbirlerini desteklemesi, çalışmanın güvenilirliğini artıracak gibi olay veya durum hakkında daha ayrıntılı veri elde edilmiş olacaktır (Yin, 1994; Çepni, 2005).

Örnek olay metodolojisi; bir olayın, sürecin veya birey(ler)in özelliklerinin kısa bir sürede resmedilmesini sağladığından dolayı, eğitim çalışmalarında “uygun”, “yararlı” ve “geçerli” bir teknik olarak kabul edilmektedir (Bachor, 2000). Literatürde tek bir olay ya da durum ele alınarak yapılan örnek olay çalışmalarının fazla değerli olmayacağı konusunda eleştiriler mevcuttur (Bell, 1987; Yin, 1994). Ancak sadece bir olay üzerine ayrıntılı araştırma yapılmasının değerli olmayacağı söylenemez. Bu metodoloji başarıyla uygulanacak olursa, bu çalışmalar okuyucuya konuyla ilgili tüm bilgileri ayrıntılı olarak sunar (Bell, 1987; Yin, 1994).

Bu çalışmada özel durum metodolojinin seçilmesinde; araştırılan konuda derinlemesine bilgiye ihtiyaç duyulması, çalışmanın örnekleminin az sayıdaki bir öğrenci grubundan oluşması, çalışmanın sadece bir vaka (30 öğrenciden oluşan bir sınıf) üzerinde denenmesi, nitel ve nicel verilerin birlikte ele alınması, geliştirilen materyallerin özellikleri tanımlanmış bir örneklem grubu üzerinde denenmesi ve genelleme kaygısı olmaması gibi birçok neden etkili olmuştur.

Bu metodoloji kapsamında şöyle bir süreç izlenmiştir. Öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrasında konuyla ilgili kavramaları ayrıntılı olarak belirlenmiş ve kavramsal değişim açısından uygulanan öğretimin etkililiği irdelenmiştir. Ayrıca belirlenen bazı öğrencilerin konuyla ilgili tüm kavramaları detaylı bir şekilde tanımlanmış, onların düşünme biçimleri, mantıkları ve zihin yapıları ayrıntılı bir şekilde resmedilmiştir. Çalışmada veri toplamak amacıyla test ve mülakat metotları kullanılmıştır. Konuyla ilgili kavram testi: (1) ön fikirleri belirlemek için ön-test olarak, (2) öğretim sonrası fikirleri belirlemek için son-test olarak ve (3) gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığını belirlemek için gecikmiş test olarak uygulanmıştır. Mülakatlar ise öğrencilerin konuyla ilgili kavramalarını derinlemesine araştırmak, onların konuyla ilgili zihin yapılarını detaylı belirleyebilmek ve kavramsal değişimin gerçekleşme düzeyini daha net ortaya koyabilmek için öğretim sonrasında uygulanmıştır. Ayrıca, çalışmada geliştirilen ve uygulanan materyallerin etkililiğini değerlendirmek amacıyla, çalışma sırasında ve sonrasında öğretmen ve öğrencilerle informal mülakatlar yürütülmüştür. Test ve mülakat metotlarıyla veriler sistematik olarak toplanmış ve araştırma sorularına çözüm bulabilmek için bu iki metottan elde edilen veriler birlikte değerlendirilmiştir.

2. 2. Araştırmanın Örneklemi

Bu araştırma, Trabzon ili Akçaabat ilçesinde bulunan ve bir Müfredat Laboratuvar Okulu olan Akçaabat Lisesi'nde yürütülmüştür. Araştırmanın örneklemini, aynı okulda öğrenim gören Lise 1 sınıflarından birindeki toplam 30 öğrenci oluşturmaktadır. Ayrıca, çalışmada bireysel olarak altı öğrenciyle yarı yapılandırılmış mülakatlar yürütülmüştür. Mülakat yapılan öğrenciler, kavramsal değişimin en yüksek (Ö5 ve Ö16), orta (Ö1 ve Ö4) ve en düşük (Ö6 ve Ö10) düzeyde gerçekleştiği öğrenciler arasından rasgele belirlenmiştir. Kimyasal bağlar konusunda öğrencilerin sahip oldukları yanlışların olası nedenlerini

tespit etmek amacıyla, aynı okulda görev yapan dört öğretmenle ve eğitim fakültesinde kimya eğitimi alanında doktora yapmış ve burada çalışan iki öğretim elemanı ile de yarı yapılandırılmış mülakatlar yürütülmüştür. Yanılgıların olası nedenleriyle ilgili mülakat yapılan öğretmenlerin ve öğretim elemanlarının mezun oldukları okullar, mesleki deneyimleri ve görev yaptıkları okullar Tablo 4’de gösterilmiştir. Ayrıca, materyalin öğretim sürecindeki etkililiği konusunda; uygulamanın yürütüldüğü öğretmenle mülakatlar yapılmış, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerin çalışmadaki materyaller ve öğretim süreci hakkındaki görüşleri alınmıştır.

Gerek pilot çalışma sırasında gerekse asıl uygulamalarda araştırmanın örneklemini kimlerin oluşturduğu ve bu örneklem üzerinde hangi tür çalışmaların yapıldığı ise Tablo 5’de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

Tablo 4. Mülakata katılan öğretmenlerin ve öğretim elemanlarının mesleki deneyimleri, mezun oldukları ve görev yaptıkları okullar

| Öğretmenler veya Öğretim Elemanları | Mezun Olduğu Fakülte | Görev Yeri | Mesleki Deneyimi |
|--|--|-------------------|-------------------------|
| A (Öğretmen) | Kimya Mühendisliği Fakültesi | Genel Lise | 27 |
| B (Öğretmen) | Eğitim Fakültesi | Genel Lise | 18 |
| C (Öğretmen) | Fen-Edebiyat Fakültesi (Kimya) | Genel Lise | 17 |
| D (Öğretmen) | Eğitim Fakültesi (Kimya Alanında Doktora) | Genel Lise | 14 |
| E (Akademisyen) | Eğitim Fakültesi (Kimya Eğitimi Alanında Doktora) | Eğitim Fakültesi | 3 |
| F (Akademisyen) | Eğitim Fakültesi (Kimya Eğitimi Alanında Doktora) | Eğitim Fakültesi | 2 |

Tablo 5. Araştırmanın örneklemini ve örneklem üzerinde yapılan çalışmalar

| Yapılan Çalışmalar | Örneklem İle İlgili Özellikler | | |
|---|--|-------------|---|
| | Örneklemi Oluşturanlar | Sayı | Uygulama Zamanı |
| Öğretmenlerle Yarı Yapılandırılmış Mülakatlar | Farklı Deneyimlere Sahip Kimya Öğretmenleri (4) | 6 | 2003-2004 Eğitim-Öğretim Yılı 2. Dönemi |
| | Kimya Eğitimi Alanında Doktora Yapmış Öğretim Elemanları (2) | | |

Tablo 5'in devamı

| | | | |
|--|---|----|--|
| Etkinliklerin Pilot Uygulanması | Akçaabat Lisesindeki Lise 1 Sınıflarının Bir Şubesindeki Öğrenciler | 32 | 2004-2005 Eğitim-Öğretim Yılı 2. Dönemi (<i>Mayıs ve Haziran Ayları</i>) |
| Ön Testin Uygulanması | Akçaabat Lisesindeki Lise 1 Sınıflarının Bir Şubesindeki Öğrenciler | 30 | 2005-2006 Eğitim-Öğretim Yılı 2. Dönemi (<i>Mayıs ayının 1. haftası</i>) |
| Etkinliklerin Asıl Uygulanması | | 30 | 2005-2006 Eğitim-Öğretim Yılı 2. Dönemi (<i>Mayıs ayının 2., 3. ve 4. haftaları</i>) |
| Son Testin Uygulanması | | 29 | 2005-2006 Eğitim-Öğretim Yılı 2. Dönemi (<i>Haziran ayının 1. haftası</i>) |
| Öğrencilerle Yarı Yapılandırılmış Mülakatlar | Kavramsal Değişimin En Yüksek (2 öğrenci), Orta (2 Öğrenci) ve En Düşük (2 Öğrenci) Düzeylerde Gerçekleştiği Öğrenciler | 6 | 2005-2006 Eğitim-Öğretim Yılı 2. Dönemi (<i>Haziran ayının 1. ve 2. haftası</i>) |
| Gecikmiş Testin Uygulanması | Akçaabat Lisesindeki Lise 1 Sınıflarının Bir Şubesindeki Öğrenciler | 30 | 2006-2007 Güz Yarıyılı (<i>Eylül ayının son haftası</i>) |

2. 3. Çalışma Kapsamında Geliştirilen ve Kullanılan Öğretim Materyalleri

Bu bölümde çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin geliştirilmesinde izlenen adımlar genel olarak bahsedilmiş, BDÖ materyali, kavramsal değişim metinleri ve öğretmen rehber materyalleri tanıtılmıştır.

2. 3. 1. Öğretim Materyallerinin Geliştirilmesinde İzlenen Adımlar

Bu kısımda, çalışmada kullanılan materyallerinin geliştirilmesi sürecinde izlenen aşamalar etraflıca sunulmaktadır. Bunlar:

I. Aşama: Kavram yanlışlarının ve öğrenme güçlüklerinin tespit edilmesi

- Kimyasal bağlar konusundaki öğrenci anlamaları, kavram yanlışları ve kavramsal değişim üzerine yapılan çalışmalar incelenerek, araştırılan konudaki kavramlarla ilgili yanlışlar tespit edildi, bu yanlışlar yazılı bir doküman (rapor) haline getirildi.

Bunlardan faydalanılarak tez çalışmasının yöntem, uygulama ve veri toplama, veri analizi ve sonuçların değerlendirilmesi süreçlerine ilişkin bir uygulama planı oluşturuldu.

II. Aşama: Belirlenen kavram yanlışlarının ve öğrenme güçlüklerinin olası nedenlerinin belirlenmesi

- Kimyasal bağlar konusundaki kavramlara ilişkin yanlışları içeren doküman (rapor), öğretmenlere inceletirilerek, öğrencilerin bahsedilen yanlışlara sahip olmalarındaki olası nedenlerin neler olabileceği hakkında fikirleri toplandı.
- Öğrencilerin belirtilen yanlışlara sahip olmaları veya bazı konuları anlamakta güçlük çekmeleri ile ilişkili olarak, literatürdeki çalışmalarda yer alan olası nedenlerin neler olduğu tespit edildi.

III. Aşama: BDÖ materyalinin, kavramsal değişim metnlerinin ve öğretmen rehber materyallerinin geliştirilmesi

- Belirlenen kavram yanlışları ve bunların olası nedenleri dikkate alınarak, kavramsal değişimi sağlamayı amaçlayan öğretim sürecinde kullanılan BDÖ materyalleri ve kavramsal değişim metinleri geliştirildi.
- Geliştirilen kavramsal değişim metni esaslı öğretim programı içerisindeki her bir materyal için 3 alan eğitimi uzmanı ve 4 öğretmenin görüşleri alınarak, materyallerde gerekli düzenlemeler yapıldı.

IV. Aşama: Öğretim materyallerinin pilot uygulamalarının yapılması

- Tablo 5’de görüldüğü gibi 32 öğrenciden oluşan bir sınıfta geliştirilen materyallerin pilot çalışması yapıldı ve sınıf gözlemleri, öğrenci ve öğretmen görüşleri dikkate alınarak süreçte eksik olan yada aksayan yönler belirlenerek giderildi.

2. 3. 2. Çalışmada Kullanılan Bilgisayar Destekli Öğretim Materyali

Bu bölümde çalışmada kullanılan BDÖ materyalinin içeriği, BDÖ materyalinin geliştirildiği bilgisayar programları, BDÖ materyalinin sistem gereksinimleri ve materyalin son hali sunulmaktadır.

2. 3. 2. 1. Konunun ve İçeriğin Belirlenmesi

Moleküler boyuttaki tanecikleri ve bunlar arasındaki etkileşimleri içeren kimyasal bağlar konusunun öğretiminde, gözlemlenmesi imkansız olan kavramların veya olayların animasyon ve simülasyonlarla somutlaştırılmasına ve modellenerek gözlemlenebilmesine imkan verdiği için bilgisayar destekli bir öğretim materyali kullanılmasının uygun olacağına karar verilmiştir (Richards vd., 1992; Ayas vd., 1997; Uşun, 2000; Özdener ve Erdoğan, 2001a). Kimyasal Bağlar konusunun öğretiminde kullanılan bilgisayar destekli öğretim materyali hazırlanırken öncelikle konunun içeriği belirlenmiştir. İçerik belirlenirken, Ortaöğretim Lise 1 Kimya programı (MEB, 1992), Milli Eğitim Bakanlığı Talim Terbiye Kurulu'nun önerdiği çeşitli ders kitapları (Arık ve Polat, 2000; Yetkin vd., 2003; Karaca, 2004) ve konuyla ilişkili diğer yazılı kaynaklardan (Petrucci ve Harwood, 1993; Wilbraham vd., 1993; Olmsted III ve Williams, 1994) faydalanılmıştır. Buna göre hazırlanan BDÖ materyalinin içeriği şu başlıkları içermektedir:

- Atomları Bir Arada Tutan Kuvvetler
- Oktet Kuralı
- Kimyasal Bağ
- İyonik Bağ
- Elektron Nokta Gösterimleri (Lewis Gösterimleri)
- Kovalent Bağ
- Metalik Bağ
- Bağlar ve Maddenin Halleri
- Van der Waals Kuvvetleri
- Dipol-Dipol Etkileşimleri
- Hidrojen Bağı

- Bileşikler
 - İyon Yapılı Bileşikler
 - Molekül Yapılı Bileşikler

2. 3. 2. 2. Uygun Yazılımın Seçilmesi

Araştırma konusu da dahil olmak üzere kimyadaki birçok konu, moleküler düzeydeki parçacıkları ve bunlar arasındaki etkileşimleri içermektedir. Birçok öğrencinin moleküler düzeydeki etkileşimleri anlamakta güçlük çektikleri ve makroskobik olaylar ile moleküler düzeydeki etkileşimler arasında doğru ilişkileri kuramadıkları bilinmektedir (Hewson ve Hewson, 1984; Ben-Zvi vd., 1986, 1987; Gabel vd. 1987; Andersson, 1990; Kozma ve Russell, 1997; Schoon ve Boone, 1998). Öğrencilerin gözlemleyemedikleri bu etkileşimlerin öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılabilmesine katkı sağladıkları ifade edilse de (Gabel, 1993; Noh ve Scharmann, 1997), resim veya çizimler nesnelere veya olayların sadece hareketsiz (durağan) gösterimine imkan verirler. Ancak moleküler düzeyde çoğu taneciğin hareketli olması ve kimyanın moleküler düzeyinin genellikle tanecikler arasındaki dinamik süreçleri içermesi nedeniyle, bu dinamik süreçlerin görselleştirilmesinde hareketsiz resimler yerine hareketli animasyonları kullanmak daha etkili olmaktadır (White, 1988). Bu tür dinamik süreçlerin gösteriminde kullanılacak olan animasyonların hazırlanmasında en etkili programlardan biri Flash programıdır (Vermaat vd., 2003).

Flash programının animasyon hazırlamadaki üstünlüğünün yanı sıra, özellikle internet erişimi olan bilgisayarların hemen hemen tümünde Flash oynatıcısının bulunması ve Flash oynatıcısı olmayan bilgisayarlarda bile “swf” uzantılı Flash dosyalarının Internet Explorer tarayıcı programıyla görüntülenebilmesi programın kullanılabilirliğini artıran unsurlardandır. Bu nedenle Flash programında hazırlanan bir yazılımı görüntüleyebilmek için, yazılımın kullanılacağı bilgisayara programın yüklenmesi gerekmemektedir. Ayrıca programın içeriğindeki kaydetme seçenekleriyle “exe” uzantılı dosya olarak kaydedilmesi durumunda, yazılımın bilgisayarda çalışabilmesi için herhangi bir programa ihtiyaç duyulmaz. Bu özelliği, Flash programının kullanımındaki en önemli avantajıdır. Çalışmada geliştirilen materyalin uygulaması sırasında, programın yukarıda bahsedilen özelliği araştırmacıya büyük avantaj ve kolaylık sağlamıştır.

Büyük boyuttaki dosyaların bilgisayarlarda çalıştırılması genellikle bilgisayarın hızının düşmesine neden olur. Ancak, Flash programında hazırlanan yazılımlarda dosya boyutunun büyümesi ve canlandırma öğelerinin artmasına rağmen, bilgisayarın çalışma hızı düşmez. Bu durum, Flash programının diğer olumlu özelliğidir. Ayrıca, çalışmada geliştirilen materyalde ses olmamasına rağmen, çoklu ortam projelerini geliştirmede sıklıkla kullanılan Flash programı ses dosyalarıyla çalışma konusunda da büyük kolaylıklar sağlar. Bahsedilen tüm bu özellikleri nedeniyle, araştırmada kullanılan BDÖ materyalinin geliştirilmesinde, web sitesi tasarımında ve animasyon yapımında en çok tercih edilen Macromedia Flash MX 2004 programı kullanılmıştır. Ayrıca, Flash programında hazırlanan materyalde kullanılan resimlerin düzenlenmesi için ise “Fireworks” adlı program kullanılmıştır.

2. 3. 2. 3. BDÖ Materyalinin (Yazılımın) Sistem Gereksinimleri

Araştırmada, hazırlanan BDÖ materyalinin Windows XP ve Windows 98 sürümleri üzerinde sorunsuz çalıştığı belirlenmiştir. Ancak yine de, hazırlanan materyalin düzgün çalışabilmesi için bazı sistem gereksinimlerinin bulunması tercih edilmektedir. Buna göre;

- Materyalin (yazılımın) yükleme ve oynama hızının korunabilmesi için bilgisayarın 128 MB ve daha üzeri RAM'e sahip olması uygun olacaktır.
- Ekran kartı ve sabit disk kapasitesi bakımından programın sıra dışı bir gereksinimi yoktur, güncel bir bilgisayar konfigürasyonu programın sorunsuz çalışması için yeterli olacaktır.
- Yazılım en iyi 1024x768 çözünürlükte ve tam ekran olarak görüntülenmektedir.
- Bilgisayarda Flash oynatıcısının (Flash Player) yüklü olması tercih edilir. Flash oynatıcı yüklü olmasa bile, Internet Explorer programıyla materyal rahatlıkla kullanılabilir.

Daha önce de ifade edildiği gibi, araştırmada Macromedia Flash MX2004 programı kullanılarak geliştirilen BDÖ materyali, “exe” uzantılı olarak kaydedildiğinden dolayı, kullanılacağı bilgisayarda Flash programının veya Flash oynatıcısının bulunmaması durumunda bile yazılım çalışmaktadır.

2. 3. 2. 4. BDÖ Materyali

Daha önce de ifade edildiği gibi, kimyasal bağlar konusunun öğretiminde kullanılan BDÖ materyali geliştirilmeden önce, Lise 1 Kimya programı (MEB, 1992), Lise 1 Kimya ders kitapları (Arık ve Polat, 2000; Yetkin vd., 2003; Karaca, 2004) ve ilişkili diğer yazılı kaynaklardan (Petrucci ve Harwood, 1993; Wilbraham vd., 1993; Olmsted III ve Williams, 1994) faydalanılarak konunun içeriği belirlenmiştir. İçeriğin belirlenmesinin ardından, BDÖ materyalinin her bir sayfasında yer alacak içerik ve animasyonlar belirlenmiştir. Öncelikle kağıt üzerindeki yapılan sayfa tasarımları, daha sonra bir bilgisayar uzmanının da yardımıyla Flash programında oluşturulmuş ve BDÖ materyalinin ilk geliştirilme süreci tamamlanmıştır. Böylece materyale, eksikliklerinin ve üzerinde yapılması gerekli düzenlemelerin belirleneceği pilot uygulama öncesindeki ilk hali verilmiştir.

Materyalin geliştirilmesi sırasında Kimya programında yer alan konu başlıkları ve işleniş sırasına (içeriğe) dikkat edilmesinin yanı sıra, materyalde yer alan sayfaların tasarımında da bazı hususlara dikkat edilmiştir. Tasarım esnasında dikkat edilen ilk husus materyalin kullanım kolaylığıdır. Materyalde yer alan sayfalar ve sayfalarda yer alan menüler onların kolaylıkla anlayabileceği ve kullanabileceği şekilde tasarlanmıştır. Sayfalarda yer alan her bir butonun işlevi üzerine yazılarak öğrenciye kullanım kolaylığı sağlanmıştır. Öğrenci istediği zaman bir önceki sayfaya, ana menüye (giriş sayfasına) ve konu listesine ulaşabilmekte, sayfada bulunan bir animasyonu, yakınındaki butonlarla kontrol edebilmektedir.

Tasarım esnasında dikkat edilen diğer bir husus da, materyal ile öğrenci arasında etkileşimin sağlanmaya çalışılmasıdır. Geliştirilen materyalde öğrenciler, sayfalarda yer alan sorulara yanıt vermek, bir sonraki adıma geçmek veya verilen bir yönergeyi yapabilmek için dikkatini derse ve materyale odaklamak durumunda kalmaktadır. Animasyonların ilerleyişi ve sayfa geçişleri, öğrencilerin onları yönlendirmesine, böylece onlar üzerinde odaklanmalarına ve onlarla uğraşmalarına imkan verecek şekilde etkileşimli olarak hazırlanmıştır. BDÖ materyali ve içerisindeki animasyonlar, öğrencilerin istedikleri yerde animasyonları durdurulabilmelerine, bazı detayları daha yakından ve ayrıntılı görebilmelerine imkan verecek şekilde düzenlenmiştir. Bu şekilde öğrencilerin sürekli aktif olması ve kendi öğrenmesinden sorumlu olması sağlanmaya çalışılmıştır (Odabaşı, 1998; Atıcı ve Gürol, 2000; Uşun, 2000).

Çalışmada kullanılan BDÖ materyalinin en önemli amacı, öğrencilerin gözlemleyemedikleri moleküler düzeydeki etkileşimleri içeren kimyasal bağlar konusundaki anlamalarını geliştirmek ve özellikle gözlemleyemedikleri bu etkileşimlerle ilgili yanlışlarını bilimsel anlamalarla değiştirmek olduğundan, materyaldeki animasyonlar büyük önem taşımaktadır. Bu animasyonlar öğrencilere, soyut olan moleküler düzeydeki etkileşimleri zihinlerinde daha kolay canlandırabilme imkanı sunmaktadır. Bu şekilde öğrencilerin makroskobik ve mikroskobik düzeyler arasında doğru ilişkileri yapılandırılmaları sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca, çalışmanın amacı kavramsal değişimin sağlanması olduğundan, materyalde öğrencilerin bazı yanlış fikirlerinden bahsedilmiş ve bunların neden yanlış oldukları açıklanmıştır.

Öğretim materyallerinin asıl uygulaması sırasında kullanılan BDÖ materyalinin son hali, yani BDÖ materyalindeki sayfalar Ek 3’de verilmektedir. Ancak materyalde yer alan sayfalardan ve içerdikleri animasyonlardan bazıları örnek teşkil etmesi açısından aşağıda sunulmuştur (Bkz Şekil 1, Şekil 1.1., Şekil 1.2., Şekil 2 ve Şekil 2.1).

K
X

Kimya

Kovalent bağ ikiye ayrılır:

1. Apolar Kovalent Bağ (Kutupsuz Kovalent Bağ)

F_2 , Cl_2 , N_2 , O_2 , S_8 gibi aynı cins atomlar arasında meydana gelen kovalent bağa apolar kovalent bağ denir.

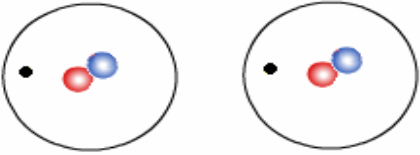
Aynı cins atomlardan oluşan kovalent bağlarda, ortaklaşa kullanılan elektronlar her iki atom tarafından eşit miktarda çekilmektedir.

2. Polar Kovalent Bağ (Kutuplu Kovalent Bağ)

HCl , H_2O , NH_3 , CH_4 gibi farklı cins atomlar arasında meydana gelen kovalent bağa polar kovalent bağ denir.

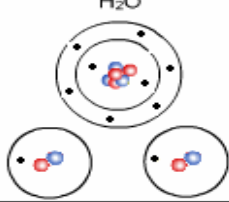
Farklı cins atomların oluşturduğu kovalent bağlarda ortaklaşa kullanılan elektronlar, elektron ilgisi daha fazla olan atom tarafından daha fazla çekilmekte ve molekülde kutuplaşma olmaktadır.

H_2



Bağlanmanın Nasıl Gerçekleştiğini İzle

H_2O

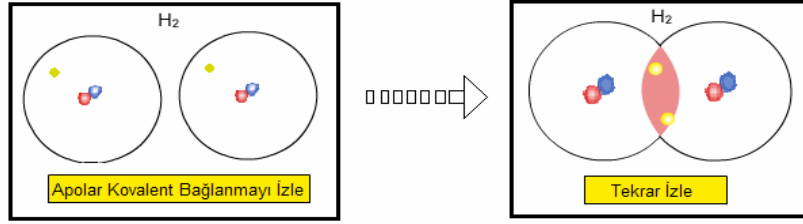


Bağlanmanın Nasıl Gerçekleştiğini İzle

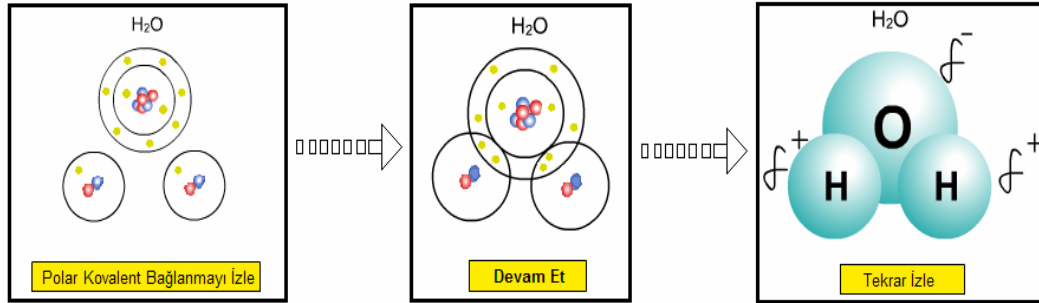
<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Şekil 1. BDÖ materyalinin kovalent bağla ilgili kısmından örnek bir ekran (Ekran 12)



Şekil 1.1. On ikinci ekranda üstte yer alan animasyonun ilerleyişi



Şekil 1.2. On ikinci ekranda altta yer alan animasyonun ilerleyişi

Kimya

İyonik Bağ

Elektronegatiflikleri birbirinden çok farklı olan metallerle ametaller arasında gerçekleşen bağıdır.

Periyodik Tablo

IA, IIA, IIIA grubu elementlerin iyonlaşma enerjileri oldukça düşüktür. Bu nedenle elektron dizilişlerinin soygaz elektron düzenine göre oluşturmak için kolayca elektron verirler.

Öte yandan VA, VIA ve VIIA grubunda bulunan ametallerin iyonlaşma enerjileri yüksektir. Bu nedenle elektron vermek yerine elektron alarak soygaz düzenine ulaşmak isterler.

Bu nedenle bir metal ve ametal atomu biraraya geldiğinde metalden ametale bir elektron geçişi olur. Bu geçiş sonucu elektron veren metal katyona elektron alan ametal anyona dönüşür. Bu iyonlar zıt yükleri nedeniyle birbirini çekerler. Oluşan bu elektrostatik çekilmeye iyonik bağ denir.



Na



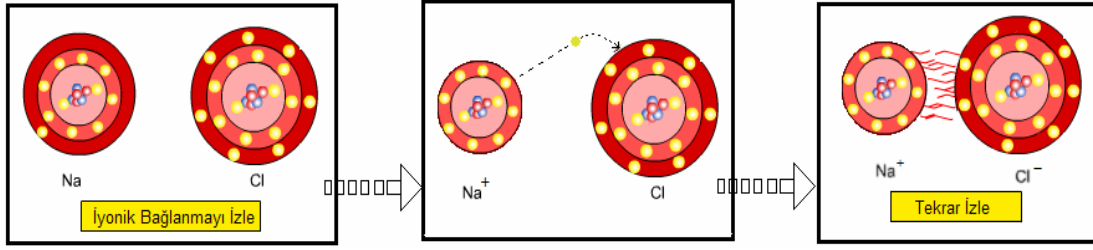
Cl

İyonik Bağlanmayı İzle

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Şekil 2. BDÖ materyalinin iyonik bağla ilgili kısmından örnek bir ekran (Ekran 8)



Şekil 2.1. Sekizinci ekrandaki animasyonun ilerleyişi

2. 3. 3. Çalışmada Kullanılan Kavramsal Değişim Metinleri

Kavramsal değişim metinleri, öğrencilerin belirlenen bir konuyla ilgili yanlışlarını gidermeyi ve kavramsal değişimi gerçekleştirmeyi amaçlayan çalışmalarda yaygın kullanıma sahip olan bir yöntemdir (Guzzetti vd., 1992; Hynd vd., 1994). Kavramsal değişim metinleri ve bu metinlerin kullanıldığı çalışmalar Bölüm 1.7.1.11’de detaylı olarak verilmiştir. Bu çalışmada, soyut kavramları ve moleküler düzeydeki açıklamaları içeren kimyasal bağlar konusunun öğretiminde kullanılabilecek uygun yöntemlerden biri olduğu düşünülerek, kavramsal değişim metinleri geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

Kavramsal değişim metinleriyle ilgili yapılan çalışmalar; genellikle uygulama öncesi ve sonrasında öğrenci fikirlerindeki değişimlere odaklanmakta, kavramsal değişim metinlerinin nasıl geliştirildiğinden bahsetmemekte veya kullanılan kavramsal değişim metni örnekleri okuyucuya sunulmamaktadır (Mikkila, 2001; Özmen ve Demircioğlu, 2003, Çetin vd., 2004). Bu nedenle bu çalışmada kullanılan kavramsal değişim metinleri, kavramsal değişim yaklaşımının özellikleri ve literatürdeki sınırlı sayıda kavramsal değişim metinleri dikkate alınarak araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Araştırmada kullanılan kavramsal değişim metinleri geliştirilirken şu adımlar takip edilmiştir:

- Öncelikle kimyasal bağlar konusunda uygulanacak öğretimin içeriği belirlenmiştir. Bu adım BDÖ materyalinin geliştirilmesinin de ilk adımı olduğundan, konu öğretilirken verilmesi gereken başlıklar ve içerik daha önce belirlenmiştir. Konunun öğretiminde yer alan ana başlıkların nasıl belirlendiği ve bu başlıkların neler olduğu Bölüm 2.3.1.1’de açıklanmaktadır.

- Lise 1 düzeyinde yer alan konu içeriğinin belirlenmesinin ardından, öğrencilerin bu içerikle ilgili sahip oldukları yanlışlar ilgili literatür araştırılarak belirlenmiştir. Belirlenen yanlışlar, ilişkili oldukları kavramlar ve olaylar dikkate alınarak

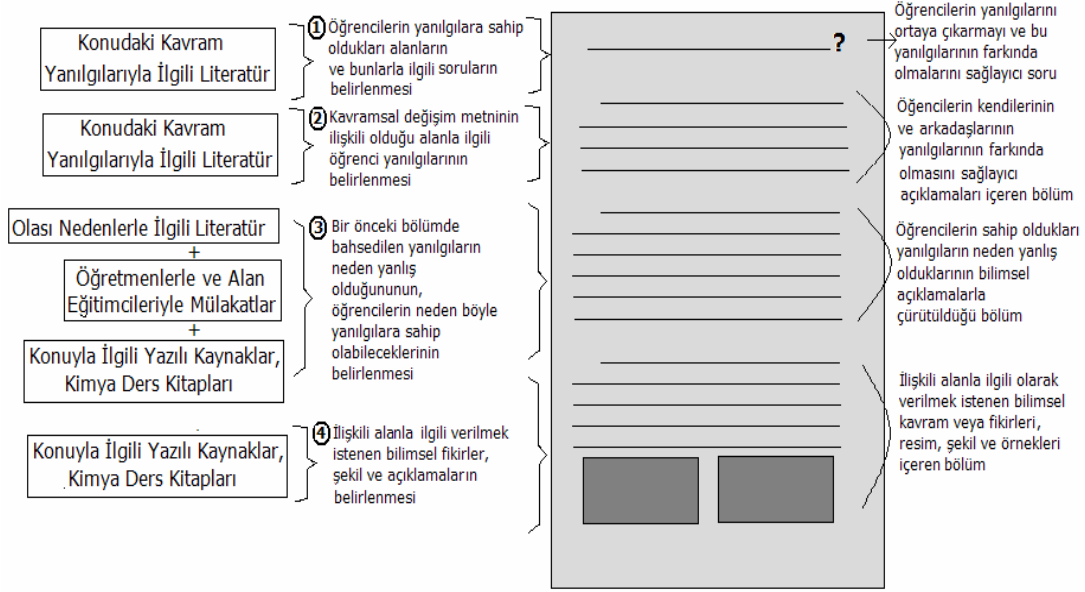
sınıflandırılmış ve bu yanlışları gidermek için hazırlanan kavramsal değişim metninin öğretim esnasında hangi konu başlığı altında kullanılacağına karar verilmiştir. Literatürdeki çalışmaların incelenmesinden sonra, öğrencilerin kavram yanlışlarına sahip oldukları alanlar şu şekilde belirlenmiştir:

- Bağ oluşumunun özellikleri (bağlanmanın nasıl gerçekleştiği, elektronların bağ oluşumundaki işlevi, bağ oluşumu ve kırılmasındaki enerji değişimleri)
- İyonik bağ (hangi atomlar arasında ve nasıl gerçekleştiği)
- Kovalent bağ (çeşitleri, hangi atomlar arasında ve nasıl gerçekleştiği)
- Metalik bağ (hangi atomlar arasında ve nasıl gerçekleştiği)
- Moleküller arası kuvvetler (varlıkları ve kimyasal bir bağ olup olmadıkları)
- Van der Waals kuvveti (ne tür moleküller arasında ve nasıl gerçekleştiği, kuvvetinin nelere bağlı olduğu)
- Dipol-Dipol kuvveti (ne tür moleküller arasında ve nasıl gerçekleştiği)
- Hidrojen bağı (ne tür moleküller arasında ve nasıl gerçekleştiği, kuvvetinin diğer bağ türleri ve moleküller arası kuvvetlerle karşılaştırılması)
- Molekül şekilleri (etkiyen faktörler)

▪ Öğrencilerde görülen kavram yanlışlarının, bu yanlışların ilişkili oldukları kavram veya olaylara göre sınıflandırılmasının ardından, bu yanlışların giderilmesinde kullanılacak kavramsal değişim metninin nasıl olacağı; nelere dikkat edileceği ve nasıl düzenleneceği konusunda araştırmalar yapılmış ve literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir (Chambers ve Andre, 1997; Guzzetti vd., 1997; Hynd vd., 1997; Bayır, 2000; Çil, 2000; Ocak, 2000; Canpolat, 2002). Geliştirilen kavramsal değişim metninin yapısı (tasarımı), literatürde farklı konular için hazırlanmış ve uygulanmış kavramsal değişim metninin yapısı dikkate alınarak hazırlanmıştır (Bayır, 2000; Çil, 2000; Ocak, 2000; Canpolat, 2002). Metinler geliştirilirken; yanlışların verildiği bölüm için ilişkili literatürden, bu yanlışların hangi yönlerinin yanlış olduğunun açıklandığı ve doğru fikirlerin sunulduğu bölüm için ise daha önce bahsedilen öğretmen mülakatlarından, Bölüm 2. 3. 1. 1.'de bahsedilen ders kitaplarından ve diğer kaynaklardan faydalanılmıştır. Ayrıca, bilimsel fikirlerin öğrenciler için daha açık ve anlaşılır olmasını sağlamak için metinlerde resimlere de yer verilmiştir. Metinlerde kullanılan resimlerin çoğunluğu araştırmacı tarafından çizilmiş, ancak bazı resimler için internette yararlanılmıştır. Bu

çalışmaların sonrasında, araştırmada kullanılan kavramsal değişim metnlerinin pilot çalışma öncesindeki taslak hali tamamlanmıştır.

Araştırmada kullanılan kavramsal değişim metnlerinin her biri dört temel bölümden oluşmaktadır. Metinler öğrencilerin yanlışlı fikirlere sahip oldukları kavram ya da olay hakkında onlara yöneltilen bir soru ile başlamaktadır. Bu şekilde onların sahip oldukları yanlışların ortaya çıkarılması ve bu yanlışlarının farkında olmalarının sağlanması amaçlanmaktadır. Daha sonra, bahsedilen kavram veya olay ile ilgili öğrencilerde sıklıkla görülen yanlış fikirler öğrencilere sunulmakta ve onların bu fikirlere sahip olmalarındaki olası nedenler açıklanmaktadır. Metinlerdeki bu bölüm, ilk bölümde olduğu gibi öğrencilerin yanlışların farkında olmalarına ve kendi fikirleri ile bu fikirleri karşılaştırmalarına imkan vermektedir. Bundan sonraki bölümde, ikinci bölümde sunulan öğrenci fikirlerinin (yanlışların) neden yanlış oldukları öğrencilere ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu açıklamalar sayesinde, öğrencilerin sahip oldukları yanlışlı fikirleri sorgulamaları ve bu fikirlerinin yetersizliklerinin hissetmeleri sağlanmaya çalışılmıştır. Metinlerin son bölümünde ise, üzerinde tartışılan kavram veya olayla ilgili bilimsel olarak kabul edilen fikirler öğrencilere sunulmaktadır. Bu bölümde bilimsel olarak kabul edilen yeni kavram veya fikirler, onların açıkça anlayabilecekleri bir şekilde; resim, şekil ve örneklerle desteklenmiş, onların bu kavram veya fikirleri mantıklı (akla yatkın) ve faydalı (başka alanlara uygulanabilir) bulmalarına imkan veren açıklamalara yer verilmiştir. Bu bölümler (özellikle son iki bölüm), kavramsal değişim metnlerinde her zaman aynı sırayla ve birbirinden bağımsız bölümler şeklinde verilememiştir. Metinlerde bazen, kavram yanlışlarının yanlış olan yönlerinin açıklandığı ve kavram yanlışlarının çürütüldüğü üçüncü bölüm ile kavram(lar)la ilgili bilimsel açıklamaları içeren dördüncü bölüm birbiriyle iç içe yer almıştır. Çünkü, metinlerde bu bölümlerin birbirinden bağımsız olarak yazılması tekrarlara neden olmakta ve akıcılığı engellemektedir. Çalışmada kullanılan kavramsal değişim metnlerinin nasıl tasarlandığı ve geliştirilirken izlenen adımlar Şekil 3'te sunulmaktadır.



Şekil 3. Kavramsal değişim metinleri tasarlanırken ve geliştirilirken izlenen adımlar

Yukarıda belirtilen aşamalar sonucunda taslak halinde hazırlanan metinlere pilot çalışma öncesindeki son halini verebilmek amacıyla, metinler alan uzmanları, alan eğitimcileri ve uygulamanın yapıldığı okuldaki öğretmenlerle birlikte yeniden incelenmiştir. Bu incelemeler sonrasında, onların içerikle ya da kavramsal değişim metnlerinin yapısıyla ilgili görüşleri de dikkate alınarak, kavramsal değişim metnlerinin pilot çalışmada kullanılacak olan son şekli verilmiştir. Öğretim materyallerinin asıl uygulamaları sırasında kullanılan kavramsal değişim metnlerinin son halleri Ek 4’de verilmektedir. Ancak bu metinlerden iyonik bağ konusu ile ilişkili olan ve “*İyonik Bağ Nedir?*” sorusu ile başlayan kavramsal değişim metni, örnek teşkil etmesi açısından Şekil 4’de sunulmaktadır.

İYONİK BAĞ NEDİR?

Bazı öğrenciler iyonik bağın; ametal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini düşünmektedir. Bu öğrencilere göre iyonik bağ, elektron almaya eğilimli olan ametal atomlarının birbirlerinin elektronlarını ortaklaşa kullanmalarıyla oluşur.

Bazı öğrenciler, tüm bağlanmalarda olduğu gibi iyonik bağlanma sırasında da elektronların kaybolduğunu düşünürken, bazıları ise yine tüm bağlanma türlerinde olduğu gibi iyonik bağda da elektronların bölündüğünü düşünmektedir.

İyonik bağın ametal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiği fikri yanlıştır. Öğrencilerin sahip oldukları bu fikir, onların iyonik ve kovalent bağı birbirini ile karıştırmaktan kaynaklanıyor olabilir. Çünkü elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşen bağ, kovalent bağdır. Öncelikle iyonik bağ, metal ve ametal atomları arasında gerçekleşir. İkincisi; iyonik bağın arasında gerçekleştiği metal atomları elektron vermeye eğilimli iken, ametal atomları ise elektron almaya eğilimlidir. Bu nedenle aralarında oluşan iyonik bağ elektron ortaklaşması ile değil, elektron alışverişiyle gerçekleşir.

İyonik bağlanma sırasında elektronların kaybolduğu fikri de yanlıştır. Öğrencilerin böyle bir yanlış fikre sahip olmaları, onların kitaplarda veya derslerde gördükleri molekül gösterimlerini yanlış anlamalarından kaynaklanıyor olabilir. Bazen moleküller gösterilirken, elektronlar gösterilmez ve molekül basitçe modellenir. Ancak bu tür gösterimler, molekülün yapısının daha iyi anlaşılması için çizilen basit modellerdir. Bu tür gösterimlerde elektron, proton ve nötronlar gösterilmese de, aslında onlar kaybolmamıştır.

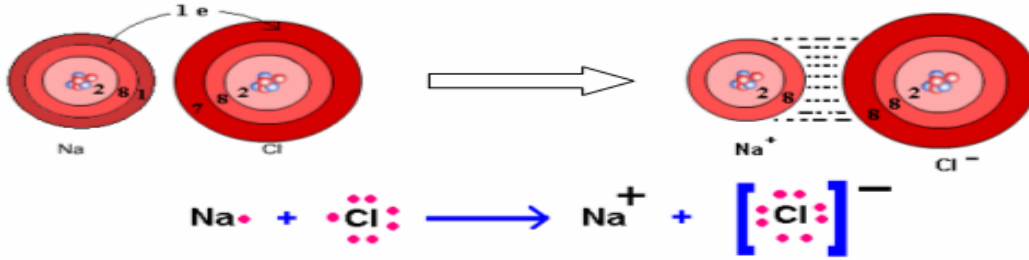
İyonik bağlanma sırasında elektronların bölündüğü fikri de yanlıştır. Böyle düşünen öğrenciler de, büyük olasılıkla iyonik ve kovalent bağı birbirini ile karıştırmaktadırlar. Dahası, büyük bir olasılıkla bu öğrenciler, kovalent bağları açıklarken kullanılan *paylaşma* kelimesini de yanlış anlamışlardır. Yüklü bir tanecik olan elektronun yapısını, günlük hayattaki nesnelerin yapısına benzemiş gibi düşünerek bölünmesinden bahsetmek doğru değildir.

İyonik bağlanma, elektronegatifliği birbirinden çok farklı metal ve ametal atomları arasında oluşan ve atomlar arasında elektron alışverişi (bir atomdan diğerine elektron transferi) sonucu gerçekleşen bir kimyasal bağ türüdür.

Özellikle IA, IIA, ve bazı IIIA grubundaki atomların (metallerin) iyonlaşma enerjileri oldukça düşüktür. Bu nedenle bağlanma sırasında elektron vererek kararlı hale geçerler.

Buna karşılık, VA, VIA ve VIIA grubundaki atomların (ametal) iyonlaşma enerjileri de oldukça yüksektir. Bu nedenle, ametaller bağlanma esnasında elektron alarak kararlı olan *soygaz* yapısına ulaşırlar.

Bu özelliklerini dikkate alırsak, bir metal ve ametal atomu yan yana gelirse, metal atomundan ametal atomuna elektron *geçisi* (transferi) olur. Elbette bu *geçis* sonrasında (+) yüklü bir metal katyonu ve (-) yüklü bir ametal anyonu oluşur. Zıt yüklü bu anyon ve katyon birbirini çeker. İşte, **oluşan bu elektriksiz çekim kuvvetine iyonik bağ denir.**



Şekil 4. Asıl uygulamada kullanılan örnek bir kavramsal değişim metni

2. 3. 4. Çalışmada Kullanılan Öğretmen Rehber Materyali

Kimyasal Bağlar konusunun öğretiminde kullanılacak olan bilgisayar destekli öğretim materyalinin ve kavramsal değişim metinlerinin geliştirilmesinin ardından, öğretim sürecinin nasıl gerçekleştirileceğine ilişkin öğretmen rehber materyalleri hazırlanmıştır. Hazırlanan rehber materyaller öğretmenlere, öğrencilerin konuyla ilgili kavram yanlışlarını gidermede hangi yöntemleri kullanmaları gerektiği ve kendilerine sunulan öğretim materyallerini öğretim sürecinin hangi aşamasında nasıl kullanmaları

gerektiği konularında yol göstermektedir. Çalışmada, Lise 1 Kimya Programı'nda konu için ayrılan süre dikkate alınarak 6 saatlik (3 adet) öğretmen rehber materyali hazırlanmıştır. Araştırmacının pilot çalışma öncesinde hazırlamış olduğu her bir öğretmen rehber materyalinde ele alınan konu içerikleri şu şekildedir:

- Atomları bir arada tutan kuvvetler, oktet kuralı, küresel simetri, kimyasal bağlanma (bağ oluşumunun özellikleri), kimyasal bağ ve moleküller arası kuvvetlerin türleri (sadece isim olarak verilmektedir),
- İyonik, kovalent ve metalik bağın yapısı ve özellikleri, elektron nokta gösterimleri,
- Bağlar ve maddenin halleri, moleküller arası kuvvetlerin özellikleri (Van der Waals ve dipol-dipol kuvvetleri, hidrojen bağları), iyon yapılı ve molekül yapılı bileşikler ve özellikleri.

Öğretmen rehber materyallerinin yukarıda belirtilen içerikleri pilot çalışma sonrasında yeniden düzenlenmiştir. Pilot çalışma sonrasında öğretmen rehber materyallerinde yapılan düzenlemeler Bölüm 2. 3. 4. 1. 3'de ifade edilmiştir.

Öğretmen rehber materyallerinin içeriği, öğretmenin konunun öğretiminde kullanabileceği ve ihtiyaç duyabileceği tüm bilgileri içerecek şekilde düzenlenmeye çalışılmıştır. Öğretmen rehber materyallerinin *kavram yanlışları ve olası nedenleri* bölümü hazırlanırken daha önce bahsedilen ve öğretmenlerle ve alan eğitimcileriyle yapılan mülakatlardan faydalanılmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen ve uygulanan öğretmen rehber materyallerinden ikisi Ek 5'te verilmektedir. Hazırlanan öğretmen materyalinin içeriğinde bulunan bölümlerden biri geleneksel olarak kullanılan ders veya ünite planlarından farklılık göstermektedir. Bu bölüm; "Kavram yanlışları ve olası nedenleri" bölümüdür. "Kavram yanlışları ve olası nedenleri" bölümünde; derste işlenen kavramlarla ilgili literatürde ifade edilen yanlışlar ve bu yanlışların olası nedenleri sunulmaktadır. Bu bölümün amacı; öğretmenlerin öğrencilerinde karşılaşılabilecekleri yanlışlardan haberdar olmalarını sağlamak ve onların bu yanlışların oluşmaması veya varsa giderilmesi konusunda dikkat etmeleri gereken hususları görmelerini sağlamaktır. Ek 5'de verilen öğretmen rehber materyalleri aynı zamanda, çalışmada uygulanan öğretim sürecini adım adım açıklamaktadır. Yani, Ek 5'te verilen öğretmen rehber materyalleri, çalışmanın asıl uygulaması sırasında kavramsal değişim metnlerinin ve BDÖ materyalinin öğretim esnasında ne zaman, ne şekilde ve hangi sırayla kullanıldığını göstermektedir.

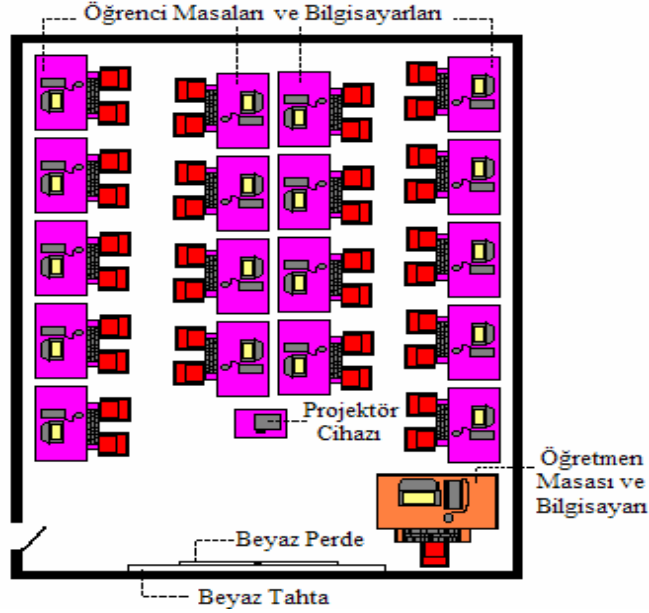
2. 3. 5. Öğretim Materyallerinin Pilot Uygulaması

Pilot çalışma öncesinde hem uygulamaları yapan öğretmenle hem de okuldaki diğer 3 kimya öğretmeniyle görüşülmüş ve uygulamada kullanılacak olan materyaller (BDÖ materyali, kavramsal değişim metinleri ve öğretmen rehber materyalleri) hakkındaki fikirleri alınmıştır. Öğretmenlerin önerileri dikkate alınarak materyallere pilot çalışma öncesindeki son hali verilmiştir. Pilot çalışmanın yapılacağı haftadan bir hafta önce, pilot çalışmadaki materyallerin içeriği, materyallerin nasıl uygulanacağı, kendisine düşen görevlerin neler olduğu hakkında öğretmenle görüşülmüş, gerekli açıklamalar yapılmış ve onun sormak istediği soruları varsa cevaplanmıştır. Bunun yanı sıra, pilot çalışmanın yapıldığı üç hafta boyunca gerçekleştirilen tüm derslerin öncesinde, o günkü derste kullanılacak materyaller, onları nasıl kullanacağı ve kendisinin rolünün ne olacağı konusunda öğretmenle kısa görüşmeler devam etmiştir. Sadece pilot çalışmanın ilk haftasında, öğretmenin isteği üzerine, iki saatlik kimya dersinin ilk saatinde uygulamalar araştırmacı tarafından yürütülmüştür. Ancak bundan sonraki derslerin tamamı, uygulama öğretmeni tarafından işlenmiştir. Pilot çalışma sırasında, araştırmacı ya da öğretmen tarafından materyallerde veya uygulanan öğretimde tespit edilen eksiklikler varsa bunlar not edilmiş ve araştırmacı asıl uygulama öncesinde bu eksikleri gidermeye çalışmıştır.

Bölüm 2.2’de belirtildiği üzere, pilot çalışma Trabzon’un Akçaabat ilçesindeki bir Müfredat Laboratuvar Okulu’nun 9. sınıflarından birinde 3 hafta boyunca yürütülmüştür. Sınıfın normal mevcudu 32 kişidir. Ancak, ön test, son test veya gecikmiş testten birisine girmeyen öğrenciler veri analizi esnasında çıkarıldığından, kavramsal gelişimi takip edilebilen örneklem sayısı 30’dur. Kimyasal bağlar konusunun öğretimi için hazırlanan materyallerin ve öğretim sürecinin pilot uygulaması, okulun bilgisayar laboratuvarında yapılmıştır. Okulun bilgisayar laboratuvarında daha fazla sayıda bilgisayar bulunmasına rağmen, çalışır durumda olan bilgisayar sayısı 16’dır. Bu nedenle öğrenciler iki kişilik gruplarla bilgisayarları kullanmışlardır. Pilot uygulamaların yapıldığı bilgisayar laboratuvarı Şekil 5’de detaylı olarak gösterilmektedir.

Öğretimin pilot uygulaması sürecine araştırmacı bizzat katılmış ve öğrenme ortamını gözlemleyerek bazı notlar almıştır. Ayrıca araştırmacı, pilot uygulama süresince yapılandırılmamış mülakatlarla öğretmenin ve öğrencilerin uygulamalarla ilgili görüşlerini almış, onların fikir ve önerilerini not etmiştir. Gözlemlerinden, öğretmen ve öğrencilerle

yapılan görüşmelerden elde ettiği fikirlerden faydalanarak, araştırmacı öğretim materyallerini yeniden düzenlemiş ve asıl uygulama öncesindeki son hallerini vermiştir.



Şekil 5. Pilot uygulamalarının yapıldığı bilgisayar laboratuvarı

Pilot çalışma sırasında sadece öğretim materyallerinin değil, veri toplama araçlarının da pilot uygulamaları yapılmıştır. Öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki anlamalarını ve uygulama öncesi ve sonrasındaki değişimi belirlemede kullanılan *Kimyasal Bağlar Kavram Testi*, uygulama öncesi ve sonrasında ön ve son test olarak pilot çalışmanın örnekleme uygulanmıştır. Aynı test, öğrencilerin kavramları zihinlerinde ne kadar iyi tuttıklarını ve konuyla ilişkili kazanılan bilgilerin kalıcılığını belirlemek amacıyla öğretimden yaklaşık dört ay sonra gecikmiş test olarak pilot çalışmanın örnekleme tekrar uygulanmıştır. Pilot çalışma sonrasında testten elde edilen öğrenci puanları *Bölüm 2.5.1*'de bahsedildiği şekilde puanlanmış ve öğrencilerin ön test, son test ve gecikmiş testten aldığı toplam puanlar dikkate alınarak tek yönlü ANOVA (One-way ANOVA) yapılmıştır. Testten alınabilecek en yüksek puan 48'dir. Ancak öğrenci puanları, analizlerin ve okuyucu tarafından anlaşılabilirliğin artırılması amacıyla 100'lük puan sistemine dönüştürülmüştür. Buna göre, pilot çalışmada öğrencilerin kavram testinin farklı uygulamalarından aldıkları puanlara uygulanan tanımlayıcı istatistik sonuçları şöyledir:

Tablo 6. Pilot çalışma sırasında testlerden elde edilen verilere uygulanan tanımlayıcı istatistik sonuçları

| | Ön test | Son test | Gecikmiş test |
|----------------|---------|----------|---------------|
| Ortalama | 38,8 | 77,7 | 69,2 |
| Standart Sapma | 10,4 | 8,3 | 7,8 |
| Aralık | 33,0 | 29,0 | 29,0 |
| En Küçük | 25,0 | 63,0 | 54,0 |
| En Büyük | 58,0 | 92,0 | 83,0 |
| Toplam | 1164,0 | 2331,0 | 2077,0 |

Bu tablodan da görüldüğü gibi, son testin ve gecikmiş testin ortalaması, ön testinkine göre çok daha yüksektir. Ancak yine de, gecikmiş testin ortalamasında son testinkine göre bir azalma söz konusudur. Gecikmiş testte öğrencilerin puanlarının azalması, literatürdeki çalışmalarda da gözlemlenen bir durumdur. Mevcut literatürde de, öğrencilerin kavramalarının müdahaleden belirli bir süre sonra bir miktar azalacağına işaret edilmektedir. Gecikmiş testteki öğrenci başarısının son teste göre biraz azalma göstermesi, uygulamadan sonra öğrencilerin bazı kavramları uzun süreli bellekte tuttuklarının, bazılarını ise unuttuklarının bir göstergesidir. Testlerin farklı uygulamalarından öğrencilerin aldıkları puanlar arasındaki bu farklılığın, istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla verilere tek yönlü ANOVA uygulanmıştır. Tek yönlü ANOVA sonucu Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Tek yönlü (One-way ANOVA) sonucu

| Notlar | Karelerin toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Ortalamanın karesi | F | Sig. |
|------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|---------|-------|
| Gruplar arasında | 25110,822 | 2 | 12555,411 | 158,526 | 0.000 |

Bu tabloya göre, testlerin farklı uygulamalarında alınan öğrenci puanları arasında anlamlı bir farkın olduğu görülmektedir ($P < 0.05$). Tablo 8’de verilen çoklu karşılaştırma (post hoc tests) sonuçlarına bakıldığında ise, ön test-son test, ön test-gecikmiş test ve son test-gecikmiş test arasında anlamlı bir farklılığın olduğu gözlemlenmiştir (istatistiksel

olarak $p < 0.05$ düzeyinde). Bu sonuçlar, öğrencilerin uygulamadan yaklaşık 4 ay sonrasında bazı kavramları unuttuklarını, ancak yine de ön testteki başarı düzeylerine kıyasla gecikmiş testte çok daha başarılı olduklarını göstermektedir.

Tablo 8. Çoklu karşılaştırma (post hoc tests) sonuçları

| Testler | Testler | Ortalama farklılık | Sig. |
|---------------|---------------|--------------------|-------|
| Ön test | Son test | -38,90* | 0,000 |
| | Gecikmiş test | -30,43* | 0,000 |
| Son test | Ön test | 38,90* | 0,000 |
| | Gecikmiş test | 8,47* | 0,001 |
| Gecikmiş test | Ön test | 30,43* | 0,000 |
| | Son test | -8,47* | 0,001 |

*: 0.05 düzeyinde anlamlı farklılık gözlemlenmektedir

2.3.5.1. Pilot Çalışma Sonunda Öğretim Materyallerinde Yapılan Düzeltmeler

Pilot çalışma sırasında; BDÖ materyalinde, kavramsal değişim metinlerinde ve öğretmen rehber materyalinde tespit edilen eksiklikler ve aksayan yönler bu bölümde belirtilmiş ve materyaller üzerinde yapılan düzeltmelerin veya düzenlemelerin neler olduğu her bir materyal için ayrı ayrı açıklanmıştır.

2.3.5.1.1. BDÖ Materyalinde Yapılan Düzeltmeler

Pilot çalışma sırasında BDÖ materyalinde bazı eksikliklerin ve aksayan yönlerin olduğu belirlenmiş ve pilot çalışma sonrasında bunlar dikkate alınarak materyal üzerinde bazı düzeltmeler ve değişiklikler yapılmıştır. BDÖ materyali üzerinde yapılan değişiklikler aşağıda listelenmektedir. Buna göre;

1. Pilot çalışma sırasında, BDÖ materyalinde “Kimyasal bağları iki ana grupta toplayabiliriz” cümlesi ile başlayan materyalin 6. sayfasının, çok fazla miktarda bilgi içermesi nedeniyle öğrencilerin ilgisini çekemediği ve öğrencilerin ekrandaki yazıları okumaktan kaçındıkları hem öğretmen hem de araştırmacının dikkatini çekmiştir. Ayrıca

bu sayfada üç tane animasyonun olması, öğretim sırasında öğrencilerin hareketlerini kontrol etmekte zorlanılmasına ve bazı öğrencilerin öğretmenin yönergelerine uymaksızın diğer animasyonlarla ilgilenmelerine sebep olmuştur. Aksayan bu yönlerin tespitinden sonra, bu sayfadaki bilgi yoğunluğunun azaltılmasına karar verilmiş ve sayfadaki bilgiler ve animasyonlar iki sayfa olarak yeniden düzenlenmiştir (materyaldeki 6. ve 7. sayfalar).

2. BDÖ materyalinin geliştirilmesi aşamasında genellikle aynı atom resmi kullanılmış ve farklı moleküllerdeki atomların bağlanma animasyonları oluşturulurken, aynı resim küçük düzenlemeler yapılarak yeni duruma uyarlanmıştı. Ancak hazırlanan ilk animasyonun materyalin 2. sayfasındaki NaCl ve F₂ molekülleri için olması nedeniyle, bu animasyonlar için hazırlanan ilk atom resmi; birden fazla proton ve nötrona sahip bir atomun resmiydi. Aynı resim materyaldeki diğer animasyonlarda da kullanılmıştı. Pilot çalışma sırasında kovalent bağın açıklandığı sayfa öğrencilerle birlikte işlenirken, bir öğrencinin bu durumu öğretmenine sorması üzerine yapılan yanlışlığın farkına varıldı. Bunun üzerine, öğrencilerde yanlış anlamalara yol açmaması amacıyla, materyalin tamamında hidrojen atomun olduğu moleküllerle ilgili animasyonlar yeniden incelenerek, hidrojen atomlarının çekirdeğinde bulunan proton ve nötron sayıları düzeltildi.

3. BDÖ materyalinin “Bağlar ve Maddenin Halleri” başlıklı sayfasında; moleküller arasında da çekim kuvvetlerinin var olduğu, bir maddenin hangi halde olduğunun onun molekülleri arasındaki çekim kuvvetlerine bağlı olduğu ve moleküllerin özelliklerine göre aralarındaki çekim kuvvetlerinin de farklılık gösterdiği sözel olarak ifade edilmekteydi. Ancak, pilot çalışmada bu konunun BDÖ materyaliyle işlendiği dersin sonunda, öğretmenin bu konunun anlaşılması için maddenin katı, sıvı ve gaz hallerinde moleküller arasındaki uzaklığın değiştiğini, ancak molekülün içinde bir değişme olmadığını gösteren resimlerin konulmasının daha faydalı olacağını önermesi üzerine, katı, sıvı ve gaz halindeki su moleküllerini ve hal değişimi ile moleküller arası uzaklıklar değişmesine rağmen, bir tane moleküldeki atomlar arasındaki uzaklığın ise değişmediğini gösteren bir animasyon geliştirildi ve bu sayfaya eklendi.

4. Bu çalışmanın amacı öğrencilerin belirlenen konuyla ilgili kavramsal anlamalarının geliştirilmesi ve kavram yanlışlarının düzeltilmesi olduğundan, geliştirilen BDÖ materyalinde daha çok kavram öğretimine önem verilmiş, ancak alıştırmaya sorularına yer verilmemişti. BDÖ materyali pilot çalışma öncesinde öğretmene incelenmiş olmasına rağmen, pilot çalışma sırasında öğretmen; materyale alıştırmaya sorularının eklenmesinin ve öğrencilere alıştırmaya ve uygulama yapma fırsatı vermenin öğrenme ürünleri açısından daha

verimli olacağını ve bu materyali kullanacak öğretmenlerin aynı zamanda üniversite sınavına yönelik olarak da öğrencileri geliştirmeleri gerektiğini ifade ederek, materyalin içerisinde alıştırmalara yer verilmesini önermiştir. Bunun üzerine, BDÖ materyalinde uygun kısımlara bazı alıştırmaya sayfaları eklenmiştir.

5. Belirtilen değişikliklerin yanı sıra, pilot çalışma sırasında gerek öğretmen gerekse araştırmacı tarafından tespit edilen cümle hataları, ekran tasarımlarıyla ilgili sorunlar ve sayfalardaki animasyon ya da butonların çalışması ile ilgili teknik hatalar pilot çalışma sonrasında araştırmacı tarafından düzeltilmiştir.

2.3.5.1.2. Kavramsal Değişim Metinlerinde Yapılan Düzeltmeler

Pilot çalışma sırasında kavramsal değişim metinlerinde tespit edilen eksiklikler ve aksayan yönler dikkate alınarak, pilot çalışma sonrasında kavramsal değişim metinlerinde bazı düzeltmeler ve düzenlemeler yapılmıştır. Kavramsal değişim metinleri üzerinde yapılan değişiklikler maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır. Buna göre;

1. “*İyonik Bağ Nedir?*” sorusu ile başlayan ve öğrencilerin iyonik bağın nasıl gerçekleştiği ve yapısı ile ilgili kavram yanlışlarını gidermeyi amaçlayan kavramsal değişim metninin 3. paragrafındaki “...*metal ve ametal atomları arasında oluşan ve atomlar arasında elektron transferi sonucu gerçekleşen bir kimyasal bağ türüdür*” ifadesi bazı öğrencilerin anlamakta güçlük çekmeleri ve iyonik bağ genellikle “*elektron alışverişi*” olarak ifade ettiklerini söylemeleri nedeniyle, “...*metal ve ametal atomları arasında oluşan ve atomlar arasında elektron alışverişi sonucu gerçekleşen bir kimyasal bağ türüdür*” şeklinde düzeltilmiştir. “*Elektron transferi*” ifadesi “*Bağ Oluşumu Esnasında Elektronların İşlevi Nedir?*”, “*Kovalent Bağ Hangi Atomlar Arasında Meydana Gelir?*” ve “*Kovalent Bağ Nedir?*” sorularıyla başlayan metinlerde de kullanıldığından, ifadenin geçtiği yerler öğrencilerin aşına olduğu “*elektron alışverişi*” ifadesi ile değiştirilmiş ve ardından bu ifade parantez içinde verilmiştir.

2. Pilot çalışmada, “*İyonik Bağ Hangi Atomlar Arasında Meydana Gelir?*” sorusu ile başlayan kavramsal değişim metninin kullanılması sırasında, öğretmen “*Elektron almaya eğilimli olan ametal atomları (F₂, Cl₂, Br₂, H₂) arasındaki bağ; kovalent bağdır*” ifadesinin öğrenciler tarafından yanlış anlaşılabilceğini düşünmüş ve dersin sonunda bunu araştırmacıya ifade etmiştir. Ona göre; atom ve molekül kavramlarını tam anlamamış, iki

kavramı birbiriyle karıştıran ve bu kavramları birbirinin yerine kullanan öğrenciler, bu ifade yüzünden kovalent bağı F_2 , Cl_2 gibi moleküller arasındaki bağ türü olarak düşünebilir. Sınıfta her ne kadar açıklanmış olsa da, dersin sonrasında ellerinde kalan bu dokümanların (kavramsal değişim metninin) onlar için daha önemli olduğunu ifade eden öğretmen, bu ifadenin düzeltilmesini önermiştir. Bu nedenle ifade, “*Elektron almaya eğilimli olan ametal atomları (ametal-ametal: F-F, Cl-Cl, Br-Br, H-H) arasındaki bağ; kovalent bağıdır*” şeklinde yeniden düzenlenmiştir.

3. “*Bağ Oluşumu Esnasında Elektronların İşlevi Nedir?*” sorusu ile başlayan kavramsal değişim metninin 3. paragrafında “*Bazı öğrenciler bağ oluşumu esnasında bir atomun elektronunun yada elektronlarının ikiye bölündüğünü düşünmektedir. Bu öğrencilere göre, atomlardan biri diğeri ile elektronlarını paylaşmaktadır*” ifadesi yer almaktadır. Aynı metinde 4. paragrafta bu fikrin neden yanlış olduğu “*...yükli bir tanecik olan elektronun yapısını, günlük hayattaki nesnelere yapısına benzemiş gibi düşünerek, bölünmesinden bahsetmek de doğru değildir*” ifadesi ile açıklanmaktadır. Metinde, öğrencilerin yanlış fikirleri ve bu fikirlerinin neden yanlış olduklarının açıklanmasından sonra, elektronların işlevi ile ilgili bilimsel açıklamaların yer aldığı bir sonraki kısımda “*paylaşmak*” kelimesinin yeniden geçmesi bazı öğrencilerin dikkatini çekmiş ve öğrenciler; “*Ama sizde paylaşmak dediniz!*” cümleleriyle öğretmene itiraz etmişlerdir. Bu nedenle metinde 3. ve 4. paragraftaki “*paylaşmak*” kelimelerinin yanına parantez içinde “*ortaklaşa kullanmak*” ifadesi konulmuş ve ayrıca paragrafın sonuna “*Paylaşmak kelimesiyle anlatılmak istenen; bağ elektronlarının her iki atom tarafından çekilmesidir*” açıklayıcı cümlesi eklenmiştir. “*Paylaşmak*” kelimesi “*İyonik Bağ Nedir?*”, “*Kovalent Bağ Nedir?*” ve “*Tüm Kovalent Bağlarda Bağ Elektronları Atomlara Eşit Uzaklıkta Mıdır?*” soruları ile başlayan metinlerde de kullanıldığından, kelimenin geçtiği yerler “*ortaklaşa kullanmak*” ifadesiyle değiştirilmiş veya “*paylaşmak*” kelimesinin yanında bu ifade parantez içinde verilmiştir.

4. Pilot çalışmada bazı öğrencilerin *ekzotermik* ve *endotermik* kavramlarının anlamını öğretmene sormaları üzerine, öğretmen bu kavramların tanımlarını sınıftaki tüm öğrencilere sormuştur. Ancak gelen cevaplardan öğrencilerin bu kavramları tam bilmediklerinin ve birbiriyle karıştırdıklarının anlaşılması üzerine “*Bağ Oluşumu ve Bağ Kırılması Ekzotermik Mi Yoksa Endotermik Midir?*” sorusu ile başlayan kavramsal değişim metnindeki bu soru, “*Bağ Oluşumu ve Bağ Kırılması Sırasında Enerji Alınır Mı*

Yoksa Verilir Mi?” şeklinde yeniden düzenlenmiştir. Ayrıca metnin içinde de *ekzotermik* ve *endotermik* kavramlarının geçtiği yerlerde ya bu kavramlar açıklanmış, ya da bu kavramların hemen yanına parantez içinde “*ısı alan*”, “*ısı veren*”, “*enerjiye ihtiyaç duyar*”, “*enerjiye ihtiyaç duymaz*” gibi kısa tanımlamalar yerleştirilmiştir.

5. Pilot çalışma sırasında bazı öğrencilerin sorularından, onların *polar* ve *apolar* kavramlarını anlamakta güçlük çektiklerinin anlaşılması üzerine “*Tüm Kovalent Bağlarda Bağ Elektronları Atomlara Eşit Uzaklıkta Mıdır?*” sorusu ile başlayan kavramsal değişim metnindeki “*polar*” kelimelerinin yanına parantez içinde “*kutuplu*”, “*apolar*” kelimelerinin yanına parantez içinde “*kutupsuz*” tanımlamaları eklenmiştir. “*Polar*” ve “*apolar*” kelimeleri “*Kovalent Bağ Hangi Atomlar Arasında Meydana Gelir?*”, “*Van Der Waals Kuvvetleri Hangi Moleküller Arasında Meydana Gelir?*”, “*Van Der Waals Kuvvetleri Nasıl Meydana Gelir?*”, “*Van Der Waals Bağlarının Kuvveti Nelere Bağlıdır?*”, “*Dipol-Dipol Kuvvetleri Hangi Moleküller Arasında Nasıl Meydana Gelir?*” ve “*Hidrojen Bağı Ne Kadar Güçlü?*” soruları ile başlayan metinlerde de kullanıldığından, kelimelerin geçtiği metinlerde de aynı düzeltme yapılmıştır.

6. Pilot çalışmada, “*Van Der Waals Kuvvetleri Hangi Moleküller Arasında Meydana Gelir?*” sorusu ile başlayan kavramsal değişim metninin kullanılması sırasında, bazı öğrenciler metnin alt tarafında yer alan helyum ve neon soygaz atomlarının şekli için; “*Bunlar arasındaki kuvvetler neden gösterilmemiş, aralarında bir kuvvet yok mu?*” şeklinde bazı ifadelerde bulunmuşlardır. Bunun üzerine, yan yana duran helyum ve neon soygaz atomlarının arasına, aralarındaki çekim kuvvetlerini gösteren işaretler konulmuş ve metindeki bu resim düzeltilmiştir. Aynı resim, “*Van Der Waals Bağlarının Kuvveti Nelere Bağlıdır?*” sorusu ile başlayan kavramsal değişim metninde de yer almaktadır ve gerekli düzeltme burada da yapılmıştır.

2.3.5.1.3. Öğretmen Rehber Materyallerinde Yapılan Düzeltmeler

Pilot çalışma sırasında öğretmen rehber materyallerinde tespit edilen eksiklikler ve aksayan yönler dikkate alınarak, pilot çalışma sonrasında bu materyaller üzerinde bazı düzeltmeler ve düzenlemeler yapılmıştır. Öğretmen rehber materyallerinde yapılan değişiklikler maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır. Buna göre;

1. Pilot çalışma öncesi geliştirilen öğretmen rehber materyallerinin ilki, 2 ders saatinde “Atomları Bir Arada Tutan Kuvvetler”, “Oktet Kuralı” ve “Kimyasal Bağ” başlıklarının verilebileceği düşünülerek düzenlemişti. Buna göre ilk iki ders saatinde, BDÖ materyalindeki “Kimyasal bağları iki ana grupta toplayabiliriz” cümlesi ile başlayan sayfanın (BDÖ materyalinin 6. sayfasının) sonuna kadar olan kısmın işlenmesi planlanmaktaydı. Ancak pilot çalışma sırasında, planlanan içeriğin ikinci dersin bitiminin 10-15 dakika öncesinde tamamlandığı görüldü. Bu nedenle, “İyonik Bağ” konusu da dersin geri kalan kısmında işlendi. Bunun üzerine pilot çalışma sonrasında ilk iki ders saati için hazırlanan öğretmen rehber materyalinin bütün bölümleri (temel kavramlar, kavram yanılgıları ve olası nedenleri, dersin işlenişi vb.), ilave edilen “İyonik Bağ” konusunu da içine alacak şekilde yeniden düzenlendi.

2. İlk 2 ders saatinde iyonik bağ konusunun işlenmesi, diğer derslerde işlenmesi planlanan konu başlıklarının da değişmesine neden oldu. Pilot çalışma öncesi geliştirilen öğretmen rehber materyallerinin ikincisi (3. ve 4. ders saatleri için hazırlanan), bu sürede “İyonik Bağ”, “Elektron Nokta Gösterimleri (Lewis Gösterimleri)”, “Kovalent Bağ”, “Metalik Bağ” ve “Bağlar ve Maddenin Halleri” konularının işlenilebileceği düşünülerek düzenlenmişti. Buna göre 3. ve 4. ders saatlerinde, BDÖ materyalindeki “Bağlar ve Maddenin Halleri” isimli sayfanın (BDÖ materyalinin 15. sayfasının) sonuna kadar olan kısmın işlenmesi planlanmaktaydı. Ancak pilot çalışma sırasında yine, planlanan içeriğin 4. saatin bitiminin yaklaşık 10 dakika öncesinde tamamlandığı görüldü. Bu nedenle, “Van der Waals kuvvetleri” konusunun bir kısmı bu bölümde işlendi. Kalan süre içerisinde, Van der Waals kuvvetlerinin hangi moleküller arasında ve nasıl gerçekleştiği ile ilgili iki kavramsal değişim metni uygulandı ve ardından öğrencilerle birlikte BDÖ materyalindeki ilişkili sayfa (16. sayfa) üzerinde duruldu. Van der Waals kuvvetlerinin nelere bağlı olduğu ile ilgili kavramsal değişim metni ve BDÖ materyalindeki ilişkili iki sayfa (17. ve 18. sayfalar) bir sonraki derste işlendi. Pilot çalışma sırasında karşılaşılan bu durumun üzerine 3. ve 4. ders saatleri için hazırlanan öğretmen rehber materyalinin bütün bölümleri, ilave edilen kısımları da içine alacak şekilde yeniden düzenlendi.

3. İlk dört ders saati için hazırlanmış öğretmen rehber materyallerinde yapılan değişikliklerin devamı olarak, 5. ve 6. ders saatleri için hazırlanan öğretmen rehber materyalinde de gerekli düzenlemeler yapıldı. Van der Waals kuvvetlerinin hangi moleküller arasında ve nasıl gerçekleştiği ile ilgili kısımlar, 3. ve 4. saatler için hazırlanan

öğretmen rehber materyaline ilave edildiği için; 5. ve 6. saatler için hazırlanan öğretmen rehber materyalinden çıkartılmıştır.

2.3.6. Öğretim Materyallerinin Asıl Uygulamalarının Yapılması

Bu çalışma, 2005-2006 öğretim yılında Trabzon'un Akçaabat ilçesindeki bir Müfredat Laboratuar Okulu'nun 9. sınıflarından birinde, toplam 30 öğrenciyle yürütülmüştür. Çalışmada, kimyasal bağlar konusunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretim materyali ile birlikte kullanılan kavramsal değişim metnlerinin öğrenci anlamalarına ve başarısına etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, araştırma kapsamında geliştirilen öğretim materyalleri örnekleme uygulanmıştır.

Materyallerin etkililiğinin araştırıldığı asıl uygulamadan bir hafta önce, veri toplama aracı olarak kullanılan *Kimyasal Bağlar Kavram Testi* örneklem gruba uygulanmış ve uygulama öncesindeki anlamaları tespit edilmiştir. Pilot çalışmada olduğu gibi, test öğrencilere bir ders saatinde uygulanmıştır. Öğrencilerin büyük çoğunluğu dersin bitiminden önce testi cevaplarken, bazıları cevaplama işlemini dersin sonuna kadar devam ettirmişlerdir. Mayıs ayının ikinci haftasında konunun bilgisayar destekli materyalle ve kavramsal değişim metinleriyle birlikte öğretimine (materyallerin asıl uygulamasına) başlanılmış ve uygulamalar 3 hafta boyunca devam etmiştir. Pilot çalışmada olduğu gibi, öğretim materyallerinin asıl uygulaması da Şekil 5'de (sayfa 78) gösterilen bilgisayar laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Kimyasal bağlar konusunun BDÖ materyali ve kavramsal değişim metinleriyle birlikte öğretiminin tamamlanmasından bir hafta sonra aynı test örnekleme son test olarak tekrar uygulanmıştır. Ön ve son testten elde edilen veriler *Bölüm 2.5.1*'de bahsedilen yöntemlerle analiz edilmiştir. Ayrıca analizler sırasında, uygulama sonrasında öğrencilerin araştırılan konuyla ilgili anlamalarında meydana gelen kavramsal değişimi belirleyebilmek için, ön ve son testteki başarı durumları ve kavram yanılgılarının öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerindeki değişim de tespit edilmiştir. Daha sonra, ön ve son testte kavramsal değişimin en yüksek (Ö5 ve Ö16), orta (Ö1 ve Ö4) ve en düşük (Ö6 ve Ö10) düzeyde gerçekleştiği tespit edilen öğrenciler belirlenerek, onlarla yarı yapılandırılmış mülakatlar yürütülmüştür. Öğrencilerle yürütülen mülakatlar ve elde edilen verilerin analiz yöntemleri Bölüm 2. 5. 2.'de ayrıntılı olarak bahsedilmektedir.

Araştırma konusunun dönemin son konusu olması ve araya yaz tatilinin girmesi nedeniyle, gecikmiş test uygulamadan yaklaşık 4 ay sonra yapılmıştır. Gecikmiş test verileri de önce kendi içinde analiz edilmiş, sonrasında ise gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığının değerlendirilmesi için, son testte ve gecikmiş testte kavram yanılgılarının öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerindeki değişimler hesaplanmıştır. Ön test, son test veya gecikmiş testten birisine girmeyen öğrenciler veri analizi esnasında çıkarıldığı için, öğretim materyallerinin asıl uygulamasında analiz sürecine katılan öğrenci sayısı 29'dur. Ön, son ve gecikmiş test verilerinin nasıl analiz edildikleri Bölüm 2. 5. 1.'de daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

2. 4. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak çoktan seçmeli bir kavram testi ve mülakatlar kullanılmıştır.

2. 4. 1. Test

Eğitim-öğretimde testler ise genellikle öğrencilerin başarı düzeylerini belirlemek veya onları başarı düzeyleri açısından karşılaştırmak (sıralamaya koymak) amacıyla kullanılır (Tekin 1996). Ancak özellikle son yıllarda, eğitim araştırmalarında, öğrencilerin kavramsal anlamalarını belirlemek, onların ön fikirlerini ve kavram yanılgılarını tespit etmek amacıyla da sıklıkla kullanılmaktadır (Palmer, 1998). Testler genel olarak; kısa cevap gerektiren testler, sınıflama gerektiren testler, yazılı cevap gerektiren testler, iki aşamalı testler ve çoktan seçmeli testler olmak üzere beş grupta toplanabilir (Karataş vd., 2003).

Çoktan seçmeli testlerde cevaplayıcıdan sorulara vereceği cevabı ona verilen birden fazla seçenek içerisinden seçmesi istenir (Özçelik, 1989; Beydoğan, 1998). Amacına uygun olarak hazırlandığında, çoktan seçmeli testler öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarını belirlemede önemli bir veri toplama aracıdır. Bu tür testler; Tamir (1971; 1989), Linke ve Venz (1978; 1979), Helm (1980), Halloun ve Hestenes (1985) gibi birçok araştırmacı tarafından, belirlenen bir konuyla ilgili öğrencilerde mevcut olan yanılgıların ortaya çıkartılmasında etkili bir yöntem olarak tanımlanmıştır. Ancak, Tamir (1971)'in

çalışmasında bahsedildiği gibi, çoktan seçmeli testlerin oluşturulmasında standart testlerin oluşturulmasından farklı bir yol izlenmelidir. Ona göre; çoktan seçmeli test maddelerindeki cevap seçenekleri içerisine yerleştirilen çeldiriciler, testin hazırlandığı konuyla ilgili literatürün gözden geçirilmesiyle ya da öğrencilerin daha önceden sorulan açık uçlu sorulara verdikleri cevaplardan faydalanılarak hazırlanmalıdır. Tamir'in bu yaklaşımı diğer araştırmacılar tarafından da benimsenmiştir. Simpson ve Arnoult (1982), öğrencilerin doğru olduğuna inandığı, ancak bilimsel olarak kabul edilemeyecek olan bilgilere test seçeneklerinde yer verilmesi gerektiğini savunmaktadır. Öğrencilerin sahip olduğu kavram yanlışlarının belirlenmesine yönelik bu tür testlerin geliştirilmesi özellikle öğretmenler için önemlidir. Çünkü, araştırılmak istenen konuyla ilgili daha önceden uzmanlar tarafından hazırlanmış bu tür testler, öğretmenler tarafından sınıflarında kolaylıkla uygulanabilir ve değerlendirilebilir (Treagust, 1988; Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989).

2.4.1.1. Araştırmada Kullanılan Çoktan Seçmeli Kavram Testi

Bu çalışmada, Ünal (2003)'in kimyasal bağlar konusuyula ilgili öğrenci yanlışlarını belirlemek için geliştirdiği test temel alınmıştır. Bu çalışmada, Ünal (2003)'in bu testi yeniden düzenlenerek kullanılmıştır. Bu test, Lise 1 kimya programındaki (MEB, 1992) “Kimyasal Bağlar” konusuyula ilişkili olan hedef ve kazanımlar esas alınarak hazırlanmış olup, 24 çoktan seçmeli soruyu içermektedir. Her bir test maddesinde ölçülmek istenilen kavramlar Tablo 9'da özetlenmiştir. Testteki her bir maddenin 4 cevap seçeneği bulunmaktadır. Seçeneklerden bir tanesi doğru cevabı, diğer seçenekler (çeldiriciler) ise literatürden elde edilen kavram yanlışlarını içermektedir. Çoktan seçmeli bu tür testler bir çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Treagust, 1988; Peterson ve Treagust, 1989; Smith ve Metz, 1996; Tan ve Treagust, 1999).

Tablo 9. Ölçülmek istenilen kavram ya da anlamaların test maddelerindeki dağılımı

| Ölçülmek İstenilen Kavram ya da Anlamalar | Test maddeleri |
|--|-----------------------|
| Bağ oluşumunun özellikleri | 1, 11 |
| İyonik bağlı bileşiklerin özellikleri | 2, 19 |
| Kovalent bağın yapısı ve özellikleri | 3, 5, 11, 12, 14, 23 |
| İyonik bağın yapısı ve özellikleri | 4, 6, 10, 12, 19, 23 |
| Oktet kuralı | 9, 15 |
| Molekül şekilleri | 12 |
| Hidrojen bağı | 8, 13, 16 |
| Van der Waals kuvvetleri | 13, 20, 22 |
| Moleküller arası kuvvetlerin güçleri | 13, 16, 20, 21 |
| Molekül içi ve moleküller arası kuvvetlerin farkları | 16, 21 |
| Su molekülünün yapısı ve özellikleri | 8, 16, 17 |
| Metalik bağların yapısı ve özellikleri | 18, 23 |
| NaCl'nin yapısı ve özellikleri | 19 |
| Dipol-dipol kuvvetlerinin yapısı ve özellikleri | 13, 20 |
| Kovalent bağlı yapıların (elmas ve grafit) özellikleri | 24 |

Çalışmada veri toplama aracı olarak Ünal (2003)'ün geliştirdiği testin kullanılmasının sebebi; çalışmanın objektifliğini artırmaktadır. Eğitim araştırmalarında genellikle uygulanan yöntemin etkiliği, araştırmacı tarafından uygulanan öğretimin içeriğine paralel olarak hazırlanmış veri toplama araçlarıyla yapılmaktadır. Bu durum, uygulanan öğretimin etkiliğini değerlendirmek için elde edilen sonuçların geçerlik ve güvenilirliğini azaltmaktadır. Ancak, çalışmada kullanılan testin bu konudaki tüm kavramları dikkate alan, kimya programındaki kavramlarla uyumlu ve konunun anlaşılma düzeyini belirlemede kullanılacak genel kapsamlı bir test olmasının, çalışmada uygulanan öğretimin etkiliğini değerlendirmede elde edilen verilerin daha objektif ve güvenilir olmasını sağladığına inanılmaktadır.

Araştırmada kullanılan test, hem pilot çalışmada hem de asıl çalışmada uygulanan öğretim öncesi ve sonrasında ön ve son test olarak örnekleme uygulanmıştır. Ayrıca bu test, konuyla ilişkili kazanılan bilgilerin kalıcılığını belirlemek amacıyla öğretimden yaklaşık dört ay sonra gecikmiş test olarak da kullanılmıştır. Pilot uygulamalar sırasında

öğrencilerin yaklaşık 35-40 dakika içerisinde testi cevaplandırabildikleri tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan test Ek 1’de verilmiştir.

2.4.1.2. Geliştirilen Kavram Testiyle İlgili Pilot Çalışma

İlk olarak Ünal (2003) tarafından geliştirilen ve kullanılan *Kimyasal Bağlar Kavram Testi*’nin geçerliği ve güvenilirliği ilgili çalışmada belirlenmiştir. Ancak bu çalışma kapsamında bu özellikler yeniden gözden geçirilmiştir. Testin içerik açısından kimya programında yer alan kavramlarla (MEB, 1992) uyumluluğu ve test maddelerinin öğrencilerin araştırılan kavramlarla ilgili anlamalarını ölçüp ölçmediği, iki alan eğitimcisi ve uygulama yapılan okuldaki dört kimya öğretmeni tarafından değerlendirilmiş ve önerileri dikkate alınmıştır. Son olarak ise, test maddelerinin geçerli cevapları yukarıda sözü edilen alan eğitimcileri ve kimya öğretmenleriyle birlikte belirlenmiştir. Bu uygulamalarla, testin geçerlik ve güvenilirliğinin öncekine göre artırıldığı düşünülmektedir.

Ünal (2003), çalışmasında testin güvenilirlik katsayısının 0,81 olduğunu ifade etmiştir. Çalışmanın pilot uygulaması sırasında bu test, pilot çalışmanın örneklem grubuna (32 öğrenci) öğretim öncesinde ön test olarak uygulanmış ve elde edilen sonuçlar dikkate alınarak testin güvenilirliği bu çalışma için yeniden hesaplanmıştır. Testin güvenilirliğini belirlemek için, Ünal (2003)’ün çalışmasındakine benzer şekilde, iki eşdeğer yarıya bölme yöntemi kullanılmış ve Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı formülü kullanılarak iki ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon hesaplanmıştır. Daha sonra bu değer Sperman Brown formülü ile düzeltilerek tüm testin güvenilirlik katsayısı belirlenmiştir. Buna göre, Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı formülü sonucunda yarı testin güvenilirlik katsayısı 0,62 olarak hesaplanmış, bu değer Sperman Brown formülü ile düzeltilindiğinde ise tüm testin güvenilirlik katsayısı 0,74 olarak bulunmuştur.

Güvenirlik katsayısı 0,00 ile 1,00 arasında bir değer alabilir. Bu değer 1,00’e yakın olması testin güvenilirliğinin yüksek olduğuna işaret ederken, 0,00’a yakın olması da testin güvenilirliğinin düşük olduğunu gösterir (Karasar, 1998; Özçelik, 1989; Çepni, 2005). Bir testin güvenilir olabilmesi için gereken ortalama değer 0,55 olduğu düşünüldüğünde (Karasar, 1998; Özçelik, 1989), kullanılan kavram testinin güvenilir olduğu söylenebilir.

2. 4. 2. Mülakat

Mülakat; belirli bir amaç doğrultusunda insanlarla iletişime girmek olarak tanımlanabilir. Mülakatların amacı genellikle; iletişim kurulan bireyin araştırılan konu hakkındaki duygu, düşünce ve inançlarını ve bunları etkileyen faktörlerin neler olduğunu ortaya çıkarmaktır (Karasar, 1998; Ekiz, 2003; Ayas vd., 2001a; Çepni, 2005). Bu yöntemde, araştırılan konu hakkında kişi ya da kişilerle yüz yüze bir iletişim içerisinde görüşülerek bilgi edinilir (Karasar, 1998). Mülakat, özellikle sosyal bilimlerde en yaygın kullanılan tekniklerden biridir. Çünkü bu teknikte araştırmacı olayların nasıllarını ve nedenlerini sorgulama, karşılaştığı her karanlık noktayı aydınlatılabilme imkanına sahiptir (Karasar, 1998).

Mülakat tekniği araştırmalarda genellikle farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bunlardan ilki; yürütülen araştırmanın problemlerine cevap bulabilmek ve çalışmanın amacına yönelik bilgileri elde edebilmek için doğrudan bir veri toplama aracı olarak kullanılmasıdır. Bu süreçte var olan hipotezleri test etmek, yeni hipotezler önermek veya çalışmadaki değişkenleri ve bu değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla da mülakatlar kullanılabilir. Mülakatların kullanım amaçlarından diğeri ise, diğer metotlarla elde edilen verilerin güvenilirliğini (üçgenleme) ve geçerliliğini sağlamaktır (Cohen ve Manion, 1989; Çepni, 2005).

Mülakat tekniği, belirlenen bir konu ya da kavramla ilgili olarak öğrencilerin anlama düzeylerini ve kavram yanlışlıklarını ortaya çıkarmayı amaçlayan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Cohen ve Manion, 1989; Abdullah ve Scaife, 1997). Mülakat tekniği, öğrencilerin zihnindeki kavram ve anlamaların ayrıntılı olarak tespit edilmesinde doğrudan uygulanabilen en etkili tekniktir (Abdullah ve Scaife, 1997). Bu amaçla mülakatlar birçok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir (Osborne ve Freyberg, 1996; Abdullah ve Scaife, 1997; Martinez, 2001; Coştu, 2002). İyi planlanmış ve kurallarına uygun olarak yürütülmüş mülakatlar yardımıyla, öğrencilerin bir konu hakkında sahip oldukları kavramları, bu kavramları zihinlerinde var olan diğer kavramlarla ilişkilendirebilme düzeyleri ve sahip oldukları bilgileri oluşturan alt bilgilerini ortaya çıkarmak mümkündür (Cohen ve Manion, 1989; Abdullah ve Scaife, 1997; Novak ve Gowin, 1998; Ayas vd., 2001a).

Öğrencilerin kavramlara ilişkin anlama düzeylerinin ortaya çıkarılmasında araştırmacılar tarafından en fazla kullanılan iki mülakat çeşidi, *olaylar veya durumlar hakkında mülakat* ve *kavramlar hakkında mülakat*lardır (Tregaust, 1988; White and Gunstone, 1992; Ayas vd., 2001a). Olaylar ve durumlar hakkındaki mülakatlarda öğrencilere üzerinde araştırılan konuyla ilgili resim veya çizimlerin yer aldığı kartlar gösterilerek, onların kartların üzerindeki resimlerde yer alan olay veya durumlar hakkındaki görüş ve düşünceleri alınır (White ve Gunstone, 1992; Abdullah ve Scaife, 1997). Bu tür mülakatlar sadece resim ve diyagramlar kullanılarak değil, öğrencinin gözü önünde gerçekleşen bir deney hakkındaki görüşleri alınarak da yapılabilir (White ve Gunstone, 1992; Ebenezer ve Erickson, 1996; Ebenezer ve Fraser, 2001; Coştu, 2002; Çalık ve Ayas, 2004). Kavramlar hakkında mülakatta ise, kartlar kullanılmaksızın öğrencilerin kavramlarla ilgili görüşleri doğrudan alınmaya çalışılır (White and Gunstone, 1992; Ayas vd., 2001a). Bazen öğrenci anlamalarının araştırıldığı konunun özellikleri deney yapmaya veya öğrenciye yaptırmaya uygun olmayabilir. Bu durumda, kavramlar hakkında mülakatlar öğrencilerin sahip olduğu bilgilerin, zihinlerindeki ilişkili diğer kavramların, bu kavramlar arasında ne düzeyde ilişkilendirme yapabildiğinin ve bu ilişkilerin doğruluğunun tespit edilmesinde etkili olarak kullanılmaktadır (White ve Gunstone, 1992; Abdullah ve Scaife, 1997).

2. 4. 2. 1. Araştırmada Kullanılan Mülakatlar

Bu çalışmanın başlangıcında kimya öğretmenleri ve alan eğitimcileriyle, öğretim süreci içerisinde uygulama öğretmeniyle ve uygulanan öğretimin ardından öğrencilerden bazılarıyla mülakatlar yürütülmüştür. Hem öğretmenlerle ve alan eğitimcileri ile hem de öğrencilerle yürütülen mülakatlar bu bölümde ayrı ayrı tanıtılmıştır.

2.4.2.1.1. Öğretmenlerle ve Alan Eğitimcileriyle Yürütülen Mülakatlar

Yürütülen araştırmanın başlangıç aşamasında, bu çalışmanın yürütüldüğü ortaöğretim kurumunda görev yapan ve farklı deneyimlere sahip Kimya öğretmenleriyle (Tablo 4) yarı-yapılandırılmış mülakatlar yapılmıştır. Ayrıca, Karadeniz Teknik

Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi'nde görev yapan ve Kimya Eğitimi alanında uzman iki öğretim üyesiyle de mülakatlar yürütülmüştür. Case ve Fraser (1999), kavram yanlışlarını gidermek ya da kavramsal değişimi gerçekleştirmek amacıyla geliştirilecek etkinliklerin başarılı olabilmesi için, kavram yanlışlarının açık bir şekilde ortaya konulması gerektiğini ifade etmiştir. Çalışmanın öncesinde kimya öğretmenleri ve alan eğitimcileriyle yapılan mülakatlar, bu görüşten yola çıkılarak yapılmıştır. Bu süreçte öncelikle, ilişkili literatür incelenmiş ve öğrencilerin konuyla ilgili sahip oldukları yanlışlar ve anlamakta güçlük çektikleri kavramlar belirlenmiştir. Daha sonra, literatürden belirlenen kavram yanlışları ve anlaşılmasında güçlük çekildiği ifade edilen kavramlar listelenmiş (Ek 2) ve bu liste mülakattan bir hafta önce mülakat yapılan öğretmenlere ve alan eğitimcilerine verilmiştir. Mülakat öncesinde bu listenin öğretmenlere ve alan eğitimcilerine verilmesinin amacı, bu yanlışların olası nedenlerinin neler olabileceği konusunda onlara daha fazla düşünme fırsatı verebilmektir. Mülakatlarda, kavram yanlışlarını içeren bu liste kullanılarak, her bir kavram yanlışlığı için onların düşündükleri olası nedenler belirlenmeye çalışılmıştır. Mülakatlardaki temel soru "*Öğrenciler neden böyle bir kavram yanlışlığına sahip olmuş olabilirler, sizce böyle bir yanlışlığın sebebi ne olabilir?*" sorusudur. Kavram yanlışlarının her biri için bu soru onlara yöneltilmiş ve bu şekilde öğrencilerin bahsedilen yanlışlara sahip olmalarındaki olası nedenler belirlenmeye çalışılmıştır. Yaklaşık 60-90 dakika arasında süren mülakatlar bir ses kaydedici kullanılarak kaydedilmiştir. Öğretmenlerle ve alan eğitimcileriyle yapılan mülakatlar, bir taraftan yanlışların olası nedenleri hakkında araştırmacıya veri sağlarken, diğer taraftan da bu yanlışların nasıl giderilebilecekleri konusunda da yol göstermiştir. Öğretmenlerle ve alan eğitimcileriyle yürütülen mülakatların içerisinde amaca yönelik olmayan konuşmaların ve yorumların yer alması nedeniyle, mülakat boyunca söylediklerinin tamamına çalışmada yer verilmemiş; bunun yerine mülakat verileri öğretmenlerin ve alan eğitimcilerinin olası nedenlerle ilgili fikirleri esas alınarak, asıl fikir değiştirilmeden, ancak bazı düzenlemelerle birlikte okuyucuya yansıtılmıştır.

Ayrıca uygulamanın yapıldığı üç hafta boyunca, her dersin sonunda, uygulama öğretmeniyle öğretim materyallerinin etkiliği konusunda yarı yapılandırılmış mülakatlar yürütülmüştür. Bu mülakatlar sırasında, materyallerin olumlu ya da olumsuz yanlarına yönelik o haftaki derslerde geçen olaylar irdelenmiş, öğretmenin öğretim materyallerinin eksik olduğunu düşündüğü veya etkili olduğunu düşündüğü yönleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yaklaşık 15 dakika süren yarı yapılandırılmış mülakatlar, bir ses kaydedici

kullanılarak kaydedilmiştir. Mülakatlar sırasında uygulama öğretmenine şu kapsamdaki sorular yöneltilmiştir:

1. Bu hafta yapılan uygulamaları düşündüğünüzde, hem öğretim materyalleri, hem de süreç hakkında neler söyleyebilirsiniz?
2. BDÖ materyalinin etkili olan yönleri sizce nelerdir? Sizce BDÖ materyali öğrencilere ne gibi katkılar sağladı? Buna nasıl karar verdiniz? Söylediğiniz duruma bu haftaki uygulamalardan örnekler verir misiniz?
3. BDÖ materyalinin eksik olduğunu düşündüğünüz yönleri sizce nelerdir? Buna nasıl karar verdiniz? Söylediğiniz duruma bu haftaki uygulamalardan örnekler verir misiniz?
4. Metinlerin etkili olan yönleri sizce nelerdir? Sizce metinler öğrencilere ne gibi katkılar sağladı? Buna nasıl karar verdiniz? Söylediğiniz duruma bu haftaki uygulamalardan örnekler verir misiniz?
5. Metinlerin eksik olduğunu düşündüğünüz yönleri sizce nelerdir? Buna nasıl karar verdiniz? Söylediğiniz duruma bu haftaki uygulamalardan örnekler verir misiniz?
6. Sizce uygulamalar sırasında aksayan yönler nelerdi? Hem süreç hem de materyallerin etkililiğini artırmak için önerileriniz nelerdir?

2.4.2.1.2. Öğrencilerle Yürütülen Mülakatlar

Bu araştırmada, uygulanan öğretim sonrasında öğrencilerin anlamalarını ortaya çıkarmak ve bu yolla kavramsal değişimin gerçekleşme düzeyini tespit etmek amacıyla, altı öğrenciyle bireysel mülakat yapılmıştır. Mülakatların başlıca amacı öğrencilerin seçilen kavramlarla ilgili sahip oldukları bilgileri ve kavramları derinlemesine araştırmak ve bu sayede kavramsal değişimin ne düzeyde gerçekleştiğini değerlendirmek olduğu için (Ayas vd., 2001a), bu çalışmada *kavramlar hakkında mülakat* tekniği kullanılmıştır. Mülakatlarda kullanılan sorular, Ünal (2003) tarafından kullanılan mülakat sorularıyla benzerdir. Ancak, bu çalışmada öğrencilerin suyun molekül şekli ve molekül şeklini etkileyen faktörlerle ilgili anlamalarını araştıran mülakat sorusu kullanılmamıştır. Bir molekülün şeklini etkileyen faktörlerle ilgili öğrenci anlamalarını belirlemek için,

mülakatın sorularından birine (7. soru) “Sizce molekülün üç boyutlu yapısı sıcaklık, basınç veya hal değişimi sırasında değişir mi? Cevabınızı açıklayınız” alt sorusu eklenmiştir.

Öğrencilerle yürütülen yarı yapılandırılmış mülakatlarda sorulan ana sorular aşağıda verilmiştir. Mülakat esnasında öğrencilere belirlenen bu ana sorular dışında, verdikleri cevaplardan yola çıkarak bazı alt sorular da yöneltilmiştir.

1. Kimyasal bağ deyince aklınıza ne geliyor? Kimyasal bağı tanımlar mısınız?
 - Atomlar neden kimyasal bağ yaparlar?
 - Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Farklı oluşma şekilleri var mıdır?
2. İyonik bağ hangi tür atomlar arasında gerçekleşir?
 - İyonik bağ neden bu tür atomlar arasında oluşur?
 - İyonik bağ bu tür atomlar arasında nasıl gerçekleşir?
3. Kovalent bağ hangi tür atomlar arasında gerçekleşir?
 - Kovalent bağ neden bu tür atomlar arasında oluşur?
 - Kovalent bağ bu tür atomlar arasında nasıl gerçekleşir?
4. Metalik bağ hangi tür atomlar arasında gerçekleşir?
 - Metalik bağ bu tür atomlar arasında nasıl gerçekleşir?
5. Hidrojen bağı ne tür yapılar arasında gerçekleşir?
 - Hidrojen bağı bu yapılar arasında nasıl gerçekleşir?
6. Van der Waals kuvvetleri ne tür yapılar arasında gerçekleşir?
 - Van der Waals kuvvetleri bu yapılar arasında nasıl gerçekleşir?
7. Dipol-dipol kuvvetleri hangi tür yapılar arasında gerçekleşir?
 - Dipol-dipol kuvvetleri bu yapılar arasında nasıl gerçekleşir?
8. Suyun formülünü yazar mısınız?
 - Su molekülü içerisinde hangi bağ var?
 - Suyun molekül şeklini çizer misiniz?
 - Neden molekülü bu şekilde çizdiniz?
 - Sizce çizdiğiniz bu molekülün üç boyutlu yapısı sıcaklık, basınç veya hal değişimi sırasında değişir mi? Cevabınızı açıklayınız.
 - Çok sayıda su molekülünün bir arada olduğu bir bardak suyu düşünelim. Bu bir bardak suda, yan yana bulunan çok sayıda su molekülü arasında herhangi bir etkileşim var mıdır? Cevabınızı açıklayınız?

9. Sofra tuzunun formülünü yazar mısınız?

- Sofra tuzunu oluşturan atomlar arasında hangi bağ var?
- Sofra tuzunun yapısını açıklar mısınız? Sofra tuzu moleküler yapıda mıdır? Sofra tuzunun bir molekül şekli var mı? Varsa nasıldır?

Bireysel olarak yürütülen öğrenci mülakatlarının her biri, yaklaşık 45-55 dakikalık bir zaman dilimi içerisinde tamamlanmıştır. Sessiz bir ortam olması nedeniyle, okulun kimya laboratuvarında yürütülen mülakatlarda bir ses kaydedici kullanılmış ve tüm mülakat süreci kaydedilmiştir.

Ayrıca mülakat süreci içerisindeki sorulardan bazılarında, öğrencilerden mikroskobik dünya ile ilgili zihinlerindeki yapıları ve betimlemelerini çizmelerini istenmektedir. Çizimler, öğrencilerin zihinlerinde gizli kalmış bilgi ve düşünceleri, onları kelimelerle sınırlamadan ortaya çıkarılmasına imkan verdiği için tercih edilmiştir. Ayrıca çizimler öğrencilerin moleküler düzeydeki anlamalarını da değerlendirme imkanı sunabilmektedir. Farklı kavramlarla ilgili öğrenci anlamalarının araştırıldığı birçok çalışmada çizim yöntemi başarıyla kullanılmıştır (Hand, 1989; Abraham vd., 1994; Quilez ve Solaz, 1995; Coll ve Treagust, 2001; Eshach ve Garik, 2001; Çalık ve Ayas, 2002)

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak Ünal (2003)'ün kullandığı test ve mülakat sorularının kullanılmasının en önemli sebebi; çalışmanın objektifliğini artırmaktadır. Çalışmada kullanılan hem kavram testinin hem de mülakatın; bu konudaki tüm kavramları dikkate alan, kimya programındaki kavramlarla uyumlu ve konunun anlaşılma düzeyini belirlemede kullanılabilir genel bir yapıda olması, çalışmada uygulanan öğretimin etkiliğini değerlendirmede elde edilen verilerin daha objektif ve güvenilir olmasını sağlamıştır.

Çalışmada, uygulama öğretmeninin yanı sıra, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği altı öğrencinin de uygulanan öğretim materyallerinin etkililiği konusundaki düşünceleri araştırılmıştır. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilere, kimyasal bağlar konusundaki kavramlarla ilgili soruların ardından, uygulanan materyallerin etkililiği konusunda da bazı sorular yöneltilmiş; materyallerde dikkatlerini çeken, eksik buldukları veya etkili olduğunu düşündükleri yönlerin neler olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Öğrencilerle yürütülen yarı yapılandırılmış bu mülakatların tamamı bir ses kaydedici

kullanılarak kaydedilmiştir. Mülakatlar sırasında öğrencilere şu kapsamdaki sorular yöneltilmiştir:

1. Derste kullanılan öğretim materyallerinden hangisini daha çok beğendiniz? Neden?
2. Size derste dağıtılan metinlerin hoşunuza giden olumlu yönleri nelerdir? Bu metinler size ne gibi katkılar sağladı?
3. Size derste dağıtılan metinlerin hoşunuza gitmeyen veya eksik olduğunu düşündüğünüz yönleri nelerdir?
4. Sınıfta öğretmenle birlikte konuyu işlediğiniz BDÖ materyalinin hoşunuza giden olumlu yönleri nelerdir? BDÖ materyali size ne gibi katkılar sağladı?
5. BDÖ materyalinin hoşunuza gitmeyen veya eksik olduğunu düşündüğünüz yönleri nelerdir?
6. Tüm uygulamaları ve içerisindeki materyalleri düşünürseniz, olumlu olduğunu düşündünüz veya eksik olduğunu düşündüğünüz yönleri var mı, varsa bunlar nelerdir?

2.4.2.2. Araştırmada Kullanılan Öğrenci Mülakatlarıyla İlgili Pilot Çalışma

Asıl uygulamalarda mülakatların daha verimli bir şekilde yürütülebilmesini sağlamak ve mülakat sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli noktaları ve olası güçlükleri tespit edebilmek amacıyla, örneklem grubundaki öğrencilerden biri ile mülakatın pilot çalışması yapılmıştır. Bu öğrenci seçilirken, çalışma kapsamında mülakat yapılacak öğrencilerin haricinde birisi olmasına dikkat edilmiştir. Bu pilot çalışma sayesinde, mülakatın yürütülmesi için gerekli olan zaman belirlenmiş ve çalışma kapsamında görüşülecek öğrencilerle görüşme saatleri buna göre düzenlenmiştir. Ayrıca öğrencilerle yapılacak olan asıl mülakatlar öncesinde yürütülen böyle bir uygulama, mülakat sürecinde öğrencilere yöneltilen soruların sınanmasını da sağlamıştır. Mülakatın pilot uygulaması sonunda; soruların öğrenci seviyesine uygun ve anlaşılır olduğu belirlenmiş ve düzenlenen mülakat sorularının değişiklik yapılmadan kullanılmasına karar verilmiştir.

2. 5. Araştırmadan Elde Edilen Verilerin Analizi

Bu bölümde öğrencilerin araştırılan kavramlarla ilgili anlama seviyelerini tespit etmek ve çalışma kapsamında uygulanan öğretimin etkililiğini değerlendirmek amacıyla kullanılan çoktan seçmeli testten ve mülakatlardan elde edilen verilerin nasıl analiz edildiğini içeren bilgiler verilmiştir.

2. 5. 1. Testten Elde Edilen Verilerin Analizi

Ön test, son test ve gecikmiş test olarak uygulanan *Kimyasal Bağlar Kavram Testi*'nden elde edilen veriler analiz edilirken istatistiksel testler ve hesaplamalar kullanılmıştır. Öncelikle öğrencilerin her bir test maddesinden aldıkları puanlar hesaplanmıştır. Her bir test maddesinde öğrenci; doğru cevap seçeneği için 2 puan almakta, ancak kavram yanlışlarını içeren diğer seçenekler için puan alamamaktadır (0 puan).

Çalışmanın amacı sadece toplam başarıyı değerlendirmek olmayıp, öğrencilerin uygulama öncesi ve sonrasında kavram yanlışlarına sahip olma oranlarındaki değişimi de belirlemektir. *Kimyasal Bağlar Kavram Testi*'ndeki maddelerde doğru cevap seçeneğinin yanı sıra, literatürden belirlenen kavram yanlışlarını içeren seçenekler (çeldiriciler) de yer almaktadır. Çeldiricilerden herhangi birini işaretleyen öğrencinin, o çeldiricide ifade edilen kavram yanlışına sahip olduğu (Peterson vd., 1989; Treagust, 1988; Demircioğlu, 2003; Karataş vd., 2003; Köse, 2004) sayılısından yola çıkarak, testten elde edilen verilerin öğrencilerin araştırılan kavramlarla ilgili yanlışlarına işaret ettiğini söylemek mümkündür. Bu nedenle, teste verilen cevaplar analiz edilirken, her bir test maddesindeki tüm cevap seçeneklerinin öğrenciler tarafından doğru cevap olarak işaretlenme yüzdeleri de hesaplanmıştır. Testin her bir uygulaması için (ön, son ve gecikmiş testler) bu analiz işlemi yapılarak, öğrencilerin her birinin kavramlarla ilgili yanlışları belirlenmiş ve bu yanlışlar tablo oluşturulmak suretiyle okuyucuya sunulmuştur (Tablo 16). Ön test, son test ve gecikmiş test için hazırlanan bu tablolar, her bir öğrencinin uygulama öncesi ve sonrasında sahip olduğu yanlışların ve örneklemdaki öğrencilerin bu yanlışlara sahip olma yüzdelerinin okuyuculara daha anlaşılır olarak sunulması bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca, uygulama sonrasında öğrencilerin araştırılan konuyla ilgili anlamalarında meydana

gelen kavramsal değişimi daha açık ortaya koyabilmek için, ön ve son testteki kavram yanlışları ve bunların öğrenciler tarafından sahip olma yüzdeleri tek bir tabloda gösterilmiştir (Tablo 16). Aynı tabloda öğrencilerde meydana gelen kavramsal değişim yüzde olarak da hesaplanmıştır.

Daha sonra, gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığının değerlendirilmesi için, kavram yanlışlarının son testte ve gecikmiş testte öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdeleri belirlenmiş ve okuyucu için daha anlaşılır olmasını sağlamak amacıyla elde edilen veriler bir tabloda gösterilmiştir (Tablo 17). Düzenlenen bu tabloda, öğrencilerdeki her bir kavram yanlışının uygulama sonrasında ve yaklaşık 4 ay sonrasında sahip olunma yüzdeleri sunulmuştur. Bu şekilde, gecikmiş testte belirlenen kavram yanlışları ve sahip olunma yüzdeleri ile son testte belirlenenler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Eğer bir kavram yanlışının öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdesi gecikmiş ve son testte eşitse veya gecikmiş testte o kavram yanlışına sahip olan öğrenci yüzdesi daha az ise, bu durumda kavramsal değişim *kalıcı (K)* olarak nitelendirilmiştir. Eğer gecikmiş testte bir kavram yanlışının öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdesi, son testteki değerden daha fazla ise bu kez öğretim sonrası meydana gelen kavramsal değişim *kalıcı değil (KD)* şeklinde nitelendirilmiştir.

Yukarıda bahsedilen basit yüzde hesaplamaları ve karşılaştırmalar haricinde ayrıca ön test, son test ve gecikmiş testten elde edilen veriler istatistiksel olarak da analiz edilmiştir. Bazı öğrencilerin kavramsal değişimi gerçekleştirme düzeylerinin ayrıntılı incelenmesinin yanı sıra, yapılan öğretimin bir bütün olarak değerlendirmesini yapabilmek için tüm öğrencilerin testten aldıkları toplam puanlar hesaplanmıştır. Testin puanlandırılmasında bahsedildiği üzere, tüm test maddelerine doğru cevap verilmesi durumunda testten alınabilecek en yüksek puan 48 (24x2)'dir. Öğrencilerin testlerden aldıkları puanlar hesaplandıktan sonra, bu puanlar 100'lük sisteme dönüştürülerek yeniden düzenlenmiştir. Öğrencilerin ön testten, son testten ve gecikmiş testten aldıkları dönüştürülmüş puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olup olmadığını belirlemek için SPSS/WINDOWS istatistik programı yardımıyla tek yönlü varyans analizleri (One-Way ANOVA) yapılmıştır. Ayrıca testin farklı uygulamalarından hangileri arasında istatistiksel farkın olduğunu belirlemek için, elde edilen veriler üzerine Post Hoc (Tukey HSD) testi de uygulanmıştır. Testin farklı uygulamaları sonrasında elde edilen

verilerin yukarıda ifade edilen yöntemlerle analizinden elde edilen bulgular, araştırmanın “Bulgular” bölümünde ayrıntılı olarak verilmektedir.

2. 5. 2. Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi

Mülakatların analizi sürecinde farklı yöntemler kullanılabilir. Bazı araştırmacılar analiz sürecini teypte kaydedilenleri dinleyerek, bazıları ise mülakatların yazılı kopyasını kullanarak yapmayı uygun bulmaktadır (Ayas vd., 2001a). White ve Gunstone (1992), analizler sırasında bireyin mülakat boyunca söylediklerinin tümünü almayı uygun bulmamaktadırlar. Bunun yerine; çeşitli bilgi öğelerini içeren (önergeler, betimlemeler, olgular vb.), mülakatlardan elde edilen bilgilerin düzenlenmesiyle oluşturulan ve düzgün ifadeleri içeren bir yapının kullanılmasının daha uygun olacağını savunmaktadırlar. Cohen ve Manion (1989) da bu konuda hem fikirdir. Onlar da, analiz süreci öncesinde, mülakat esnasında araştırmacının dile getirdiği ifade ve yorumların çıkartılmasını ve sonrasında elde edilen mülakat verilerinin yeniden düzenlenmesi gerektiğini savunurlar. Yeniden düzenlenen bu ifadelerde; duraksamalar, yanlış başlamalar, heyecan ve duyguların gösterimi olan bazı ifadeler yer almaz. Böyle bir düzenlemeyle, mülakatın yazılı kopyası fazlalıklardan arındırılmış ve veriler daha yalın ve açık halde elde edilmiş olur (Cohen ve Manion, 1989; White ve Gunstone, 1992; Ayas vd., 2001a). Ayrıca, verilerin analiz süreci de kolaylaşır (White ve Gunstone, 1992).

Mülakatlardan elde edilen verilerin nasıl analiz edileceği ile ilgili çeşitli fikirler olmasına karşılık, yaygın olarak kullanılan birkaç teknik bulunmaktadır (Çepni, 2005). Mülakat sonucunda ortaya çıkan verilerin farklı kategorilerde sınıflandırılabilceği bir çok araştırmacı tarafından ifade edilmektedir (Cohen ve Manion, 1989; White ve Gunstone, 1992; Yin, 1994; Abdullah ve Scaife, 1997). Mülakatların analiz edilmesinde yaygın olarak kullanılan başka bir teknik ise elde edilen mülakat verilerinin benzerlik ve farklılıklarına göre gruplandırılmasıdır (Merriam, 1988; Yin, 1994; Çepni, 2005). Bu yöntemin en önemli savunucusu Yin (1994) ve Merriam (1988)'dir. Yin (1994) ve Merriam (1988), mülakattan elde edilen verilerin analizi için öncelikle mülakat yapılan bireylerin fikir birliğine vardığı veya varmadığı noktaların tespit edilmesi gerektiğini ifade etmektedirler. Onlara göre, bu işlemin sonrasında ancak kategoriler oluşturulabilir. Cohen ve Manion (1989) da Yin ve Merriam gibi analiz sürecinde birbiriyle ilişkili olan ifadelerin

aynı grup altında toplanması gerektiğini savunmaktadır. Özellikle öğrencilerin bir konuyla ilgili sahip oldukları anlamaların, fikirlerin, inançların veya kavram yanlışlarının araştırıldığı mülakatlarda bu analiz yöntemi en yaygın kullanıma sahip tekniktir (Merriam, 1988; Cohen ve Manion, 1989; Yin, 1994; Abdullah ve Scaife, 1997).

Ayrıca mülakatlardan elde edilen verilerin sunulması esnasında, belirlenen kategorilere örnek olarak verilebilecek ifadeler ya da tam tersi biçimde belirlenen kategorilerin dışında olan ve diğerlerinden farklılık gösteren ifadeler mülakat kayıtlarından doğrudan alıntı yapılarak da verilebilir (Merriam, 1988; Yin, 1994). Verilerin bu şekilde sunulması sayesinde, bireyin düşüncelerinin olduğu gibi yansıtılabileceği düşünüldüğünden, bu tip ifadelerin ayrı olarak verilmesinin çok daha faydalı olacağına inanılmaktadır. Araştırma konusuyla doğrudan ilişkisi olan verilerin ayrı olarak verilmesi sayesinde, okuyucu verilerle doğrudan karşı karşıya gelmekte ve verilerin ne anlama geldiğine kendi yorumlarıyla karar vermektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2000; Çepni, 2005).

Yukarıdaki paragraflarda ifade edilen mülakat analiz yöntemleri dikkate alınarak, bu mülakatlarda öğretmenlerin ve alan eğitimcilerinin verdikleri cevaplar benzerlik ve farklılıklarına göre analiz edilmiştir (Merriam, 1988; Cohen ve Manion, 1989; Yin, 1994). Öğretmenlerin ve alan eğitimcilerinin kendilerine sunulan her bir kavram yanlışının olası nedenleriyle ilgili yaptıkları açıklamalar, araştırmacı tarafından anlamları bozulmayacak şekilde yeniden düzenlenmiş ve maddeler halinde sunulmuştur. Bunun en önemli sebebi; öğretmenlerle ve alan eğitimcileriyle yürütülen mülakatlar esnasında konu harici konuşma ve ifadelerin fazla olmasıdır. Bu sayede, kavram yanlışlarının olası nedenleriyle ilgili elde edilen veriler daha sade ve anlaşılır bir halde sunulmuştur (Cohen ve Manion, 1989; White ve Gunstone, 1992; Ayas vd., 2001a).

Araştırma kapsamında ayrıca örneklemden belirlenen altı öğrenciyle mülakatlar yürütülmüştür. Bir ses kaydedici kullanılarak kaydedilen bu görüşmeler daha sonra araştırmacı tarafından dinlenmiş ve her bir öğrencinin mülakatı yazılı bir doküman haline getirilmiştir. Mülakatların yazılı doküman haline getirilmesi sırasında konu haricindeki konuşmalar, duraksamalar, yanlış başlamalar, heyecan ve duyguların gösterimi olan bazı ifadeler çıkarılmıştır (Cohen ve Manion, 1989; White ve Gunstone, 1992; Ayas vd., 2001a). Mülakat verileri analiz edilirken, analiz süreciyle ilgili yukarıda bahsedilen ve literatürden toplanan bilgiler dikkate alınmış, çalışmanın amacı da düşünülerek, mülakatların puanlandırılması yoluna başvurulmamıştır (Yin, 1994). Bunun yerine;

öğrencilerin mülakatta verdikleri cevapların benzerliklerine ve farklılıklarına göre analiz edilmesine karar verilmiştir (White ve Gunstone, 1992; Yin, 1994; Ayas vd., 2001a). Ayrıca, anlama düzeylerini ve gerçekleşen kavramsal değişimi daha net olarak ortaya koymak amacıyla, her bir öğrencinin sorulara verdikleri cevaplar konuşmalarından doğrudan alıntı yapılarak sunulmuştur (Merriam, 1988; Yin, 1994).

Çalışmada ayrıca, uygulama öğretmeninin ve kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği altı öğrencinin, öğretim materyalleri hakkındaki görüşleri belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulama öğretmeni ve öğrencilerle yapılan mülakatlar, onların uygulanan öğretim süreci ve materyaller hakkındaki düşüncelerini tam olarak yansıtabilmek amacıyla, çalışmada doğrudan alıntı yapılarak sunulmuştur.

3. BULGULAR

Ortaöğretim kimya programında “Maddenin Yapısı” ünitesinde yer alan “Kimyasal Bağlar” konusundaki kavramların bilgisayar destekli öğretim materyali ve kavramsal değişim metinleri ile birlikte öğretiminin öğrencilerdeki kavramsal değişimi sağlamada ne derece etkili olduğunu belirlemek için yapılan bu çalışmada elde edilen veriler ve toplanan verilerin analizden elde edilen bulgular bu bölümde verilmektedir. Bunlar:

Birinci kısımda bu yanılgıların olası nedenlerinin neler olabileceğiyle ilgili öğretmenlerle ve alan eğitimcileriyle yürütülen mülakatlardan elde edilen bulgular yer almaktadır.

İkinci, üçüncü ve dördüncü kısımlarda sırasıyla ön, son ve gecikmiş testlerden elde edilen bulgular sunulmaktadır. Bu bölümler; öğretim öncesinde, öğretimin ardından ve öğretimden uzun süre sonrasında öğrencilerin sahip oldukları yanılgıları ve bunların sahip olunma yüzdelerini içermektedir. Ayrıca, ifade edilen zaman dilimi içerisinde yanılgılara sahip olan öğrenci yüzdelerindeki değişim verilmekte ve genel olarak kavramsal değişim ve kavramsal değişimin kalıcılığına ilişkin bulgular sunulmaktadır.

Beşinci kısımda, çalışmada kullanılan kavram testinin her bir maddesine farklı uygulamalarda (ön, son ve gecikmiş testler) verilen öğrenci cevapları daha detaylı olarak yer almaktadır. Öğrencilerin kavram testinin farklı uygulamalardan aldıkları puanlar, puan karşılaştırmaları ve gerçekleşen kavramsal değişim ve kalıcılığıyla ilgili nicel verilerin analizlerinden elde edilen bulgular da bu bölümde yer almaktadır.

Altıncı kısım ise kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden elde edilen bulguları içermektedir. Bu bölümde kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle öğretim sonrasında yapılan mülakatlar, onların ön, son ve gecikmiş testlerde verdikleri cevaplar, başka bir ifadeyle; bu öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişime ve kalıcılığına ilişkin bulgular bulunmaktadır.

Yedinci ve son kısımda ise uygulama öğretmeninin ve öğrencilerin öğretim materyalleriyle ilgili görüşleri yer almaktadır.

3.1. Kimyasal Bağlar Konusundaki Yanılgıların Olası Nedenlerine İlişkin Olarak Öğretmenlerle ve Alan Eğitimcileriyle Yapılan Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Kimyasal bağlar konusundaki kavramlara ilişkin literatürden belirlenen ve bir önceki bölümde sunulan yanılgılar bir doküman haline dönüştürülmüş ve yarı yapılandırılmış mülakatlarda bu doküman öğretmenlere ve alan eğitimcilerine sunularak, bu yanılgıların olası nedenlerinin neler olabileceği hakkındaki görüşleri alınmıştır. Öğretmenlerle ve alan eğitimcileriyle yapılan bu mülakatların amacı; kimyasal bağlar konusundaki kavramlara ilişkin yanılgıların olası nedenlerini belirlemek olduğundan, öğretmenlerin ve alan eğitimcilerinin mülakat sırasında yanılgıların olası nedenleri hakkında yaptıkları açıklamaların tamamı sunulmamış, bunun yerine onların açıklamalarında yer alan olası nedenler maddeler halinde düzenlenerek okuyucuya yansıtılmıştır. Bu şekilde verilerin daha yalın ve anlaşılır olması sağlanmaya çalışılmış, ilişkili olmayan veriler ve veri tekrarı gibi durumlar mümkün olduğunca azaltılmıştır. Öğretmenler ve alan eğitimcileriyle yanılgıların olası nedenleri hakkında yürütülen yarı yapılandırılmış mülakatlardan elde edilen bulgular, başka bir ifadeyle yanılgıların olası nedenleri, çalışmada geliştirilen öğretmen rehber materyalleri içerisinde yer aldığından dolayı bu bölümde bir kez daha verilmesine ihtiyaç duyulmamıştır. Mülakatlar sırasında öğretmenlere ve alan eğitimcilerine sunulan dokümanda yer alan her bir yanılğı için, onların açıklamalarında ortaya çıkan olası nedenler, ilişkili oldukları öğretmen rehber materyalleri içerisinde maddeler halinde sunulmaktadır (Ek 5'in beşinci bölümleri).

Kimyasal bağlar konusundaki kavram yanılgılarının olası nedenlerine ilişkin öğretmenlerle ve alan eğitimcileriyle yürütülen mülakatlar; bir taraftan alt problemlerinden biri *konudaki kavramlara ilişkin yanılgıların olası nedenlerinin belirlenmesi* olan bu çalışmaya veri sağlarken, diğer taraftan da bu yanılgıların nasıl giderilebilecekleri konusunda araştırmacıya yol göstermiştir. Bu nedenle, öğretmenlerin ve alan eğitimcilerinin ifade ettikleri olası nedenler, çalışma kapsamında hazırlanan öğretim materyalinin geliştirilmesinde yeri geldiğince kullanılmıştır. Özellikle, öğrencilerin sahip oldukları yanılgıların giderilmesini amaçlayan kavramsal değişim metinlerinin ve konunun öğretimi sırasında izlenmesi gereken adımları ve dikkat edilmesi gereken hususları içeren öğretmen materyallerinin hazırlanması sürecinde bu mülakat verilerinden faydalanılmıştır. Bu şekilde hazırlanan öğretim materyallerinin öğrencilerde meydana getirdiği kavramsal

değişim ve bu değişimin kalıcılığıyla ilgili olarak çalışmanın diğer veri toplama araçlarından (ön test, son test, gecikmiş test ve öğrenci mülakatları) elde edilen bulgular bundan sonraki başlıklarda sunulmuştur.

3.2. Ön Testten Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde, çalışma kapsamında geliştirilen öğretim materyallerinin uygulanması öncesinde öğrencilerin başlangıç durumlarını belirlemek amacıyla örnekleme uygulanan ön testten elde edilen bulgular ayrıntılı olarak sunulmuştur. Ayrıca öğrencilerin araştırılan konudaki farklı kavramlara ilişkin sahip oldukları yanılgıları da belirtilmiştir.

Ön teste katılan her bir öğrencinin Kimyasal Bağlar Kavram Testi'ne verdikleri cevaplar ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Analizler sırasında öğrencilerin her bir test maddesi için doğru cevap olarak işaretledikleri seçenekler belirlenmiş ve öğrencilerin tüm testteki doğru cevap sayıları belirlenerek testten aldıkları toplam puanlar hesaplanmıştır. Öğrencilerin her bir test maddesi için doğru cevap olarak işaretledikleri seçenekler, doğru cevap sayıları ve testten aldıkları toplam puanlar Tablo 10'da toplu olarak gösterilmiştir.

Daha sonra, ön test olarak örnekleme uygulanan Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin her bir maddesine verilen öğrenci cevapları incelenmiş, her bir seçeneğin kaç öğrenci tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği belirlenerek bu seçeneklerin doğru cevap olarak işaretlenme yüzdeleri hesaplanmıştır. Çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin uygulanması öncesinde Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin her bir maddesinde yer alan seçenekleri doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci sayıları ve yüzdeleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 10. Öğrencilerin ön testte verdikleri cevaplar, testteki toplam doğru cevap sayıları ve testten aldıkları toplam puanlar

| Öğrenci | Test Maddeleri | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Doğru Cevap Sayısı | Toplam Puan (*) |
|---------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | | |
| 1 | D | A | D | B | C | B | A | C | D | A | C | A | B | B | A | C | B | A | A | | B | | B | D | 10 | 42 |
| 2 | B | A | C | D | A | D | C | C | D | D | B | C | B | C | B | B | C | D | C | D | C | | C | A | 7 | 29 |
| 3 | C | A | D | A | B | C | D | C | C | A | A | C | B | | A | B | D | A | A | | D | A | B | A | 6 | 25 |
| 4 | C | A | D | A | C | B | A | D | D | B | B | A | D | A | A | C | D | B | C | B | D | A | B | B | 11 | 46 |
| 5 | C | A | D | A | C | B | A | B | D | D | C | A | D | | A | B | D | | C | B | D | D | B | | 8 | 33 |
| 6 | C | A | D | B | B | D | C | C | D | D | B | D | A | C | A | C | D | A | A | B | A | D | | B | 12 | 50 |
| 7 | C | A | D | B | A | B | D | C | D | B | B | D | A | | | A | B | A | D | | D | A | B | | 11 | 46 |
| 8 | D | A | D | A | C | A | C | C | D | B | B | D | A | C | A | D | B | A | A | D | D | B | D | D | 12 | 50 |
| 9 | C | A | D | D | A | B | C | D | D | A | C | A | A | C | | C | B | B | B | C | B | B | A | D | 12 | 50 |
| 10 | D | A | C | C | B | D | A | C | D | B | A | C | D | C | A | B | D | A | A | C | D | D | C | A | 4 | 17 |
| 11 | C | A | C | B | A | B | D | C | D | B | B | D | C | C | C | A | D | C | C | C | C | C | A | C | 10 | 42 |
| 12 | C | A | C | D | B | B | C | C | A | A | B | D | A | B | A | C | A | A | D | | A | | C | A | 12 | 50 |
| 13 | C | A | B | A | A | B | C | C | A | A | B | B | D | D | A | C | D | A | A | B | | A | | B | 8 | 33 |
| 14 | C | D | D | B | A | C | B | C | D | A | C | D | B | A | A | D | D | C | B | D | B | C | B | B | 10 | 42 |
| 15 | D | D | C | A | A | B | A | C | D | A | C | | C | A | | C | D | C | D | | A | | | | 6 | 25 |
| 16 | C | A | D | A | A | D | A | C | D | B | B | D | A | D | B | C | D | B | A | C | B | C | A | D | 8 | 33 |
| 17 | C | A | D | A | A | D | A | C | D | B | B | D | A | D | B | C | D | C | A | C | B | C | A | C | 10 | 42 |
| 18 | C | A | D | B | C | B | A | A | D | A | B | C | A | D | A | D | A | C | D | D | B | C | A | B | 14 | 58 |
| 19 | D | D | B | D | A | B | D | C | D | A | A | | B | D | B | C | B | A | B | B | C | C | C | A | 5 | 21 |
| 20 | B | A | D | B | D | C | A | C | C | A | A | A | C | D | A | D | D | C | A | C | A | C | B | A | 7 | 29 |
| 21 | B | A | D | D | B | B | A | D | C | A | B | | A | | A | C | D | A | A | D | B | | A | B | 10 | 42 |
| 22 | C | A | D | B | C | B | A | D | D | B | B | A | A | A | A | C | A | C | D | A | A | D | C | A | 14 | 58 |
| 23 | B | D | D | C | A | B | C | A | D | A | B | D | D | B | A | C | D | D | D | D | C | B | C | A | 13 | 54 |
| 24 | B | B | C | A | A | B | A | C | D | A | A | C | D | C | A | C | D | B | A | | C | D | | B | 7 | 29 |
| 25 | D | A | C | B | A | B | D | C | A | A | A | | A | B | A | D | D | A | A | B | C | A | B | D | 8 | 33 |
| 26 | C | D | D | B | A | B | C | D | D | A | B | B | C | A | A | B | C | A | D | B | A | C | D | D | 11 | 46 |
| 27 | B | B | D | D | C | B | D | C | D | A | B | B | | B | | C | D | B | D | | A | | B | A | 9 | 38 |
| 28 | C | A | D | B | B | B | A | A | D | A | A | | D | B | A | D | B | | D | A | A | C | B | | 9 | 38 |
| 29 | B | A | D | C | B | B | D | B | D | A | B | | D | A | | B | C | B | D | B | | D | B | C | 9 | 38 |

(*) Yüz (100) üzerinden öğrencilerin testten aldıkları toplam puanlar

Tablo 11. Örneklemdaki öğrencilerin ön testteki sorulara verdikleri cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Test Maddeleri | A | | B | | C | | D | | Boş | |
|----------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| | f | % | f | % | F | % | f | % | f | % |
| 1 | 0 | 0 | 7 | 24,1 | 16* | 55,2 | 6 | 20,7 | 0 | 0 |
| 2 | 22* | 75,9 | 2 | 6,9 | 0 | 0 | 5 | 17,2 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 2 | 6,9 | 7 | 24,1 | 20* | 69,0 | 0 | 0 |
| 4 | 9 | 31,1 | 11* | 37,9 | 3 | 10,3 | 6 | 20,7 | 0 | 0 |
| 5 | 14 | 48,3 | 7 | 24,1 | 7* | 24,1 | 1 | 3,5 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 3,5 | 20* | 69,0 | 3 | 10,3 | 5 | 17,2 | 0 | 0 |
| 7 | 13 | 44,8 | 1 | 3,5 | 8* | 27,6 | 7 | 24,1 | 0 | 0 |
| 8 | 3 | 10,3 | 2 | 6,9 | 19 | 65,6 | 5* | 17,2 | 0 | 0 |
| 9 | 3 | 10,3 | 0 | 0 | 3 | 10,3 | 23* | 79,4 | 0 | 0 |
| 10 | 18* | 62,1 | 8 | 27,6 | 0 | 0 | 3 | 10,3 | 0 | 0 |
| 11 | 7 | 24,1 | 17* | 58,7 | 5 | 17,2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 6 | 20,7 | 3 | 10,3 | 5 | 17,2 | 9* | 31,1 | 6 | 20,7 |
| 13 | 11* | 37,9 | 5 | 17,2 | 4 | 13,8 | 8 | 27,6 | 1 | 3,5 |
| 14 | 6 | 20,7 | 6 | 20,7 | 7* | 24,1 | 6 | 20,7 | 4 | 13,8 |
| 15 | 19* | 65,5 | 4 | 13,8 | 1 | 3,5 | 0 | 0 | 5 | 17,2 |
| 16 | 2 | 6,9 | 6 | 20,7 | 15* | 51,7 | 6 | 20,7 | 0 | 0 |
| 17 | 3* | 10,3 | 6 | 20,7 | 3 | 10,3 | 17 | 58,7 | 0 | 0 |
| 18 | 12 | 41,4 | 6 | 20,7 | 7* | 24,1 | 2 | 6,9 | 2 | 6,9 |
| 19 | 12 | 41,4 | 3 | 10,3 | 4 | 13,8 | 10* | 34,5 | 0 | 0 |
| 20 | 2 | 6,9 | 8 | 27,6 | 6 | 20,7 | 6* | 20,7 | 7 | 24,1 |
| 21 | 8 | 27,6 | 7 | 24,1 | 6* | 20,7 | 6 | 20,7 | 2 | 6,9 |
| 22 | 5 | 17,2 | 3* | 10,3 | 9 | 31,1 | 6 | 20,7 | 6 | 20,7 |
| 23 | 6 | 20,7 | 11* | 37,9 | 6 | 20,7 | 2 | 6,9 | 4 | 13,8 |
| 24 | 9 | 31,1 | 7 | 24,1 | 3* | 10,3 | 6 | 20,7 | 4 | 13,8 |

* : Doğru cevabı içeren seçenek

Kimyasal Bağlar Kavram Testi'ndeki her bir maddede doğru seçeneğin dışındaki diğer seçenekler kavram yanlışlarını içerdiğinden ve bu çalışmada öğrencilerdeki kavramsal değişimin izlenmesi amaçlandığından, tüm öğrencilerin ön teste verdikleri cevaplar detaylı olarak incelenmiş ve her bir test maddesindeki kavram yanlışlarının hangi öğrencilerde var olduğu belirlenerek, bu kavram yanlışlarının öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdeleri hesaplanmıştır. Çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin uygulanması öncesinde Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin her bir maddesinde yer alan

kavram yanlışlarının hangi öğrencilerde var olduğu, bu yanlışlara sahip olan öğrenci sayıları ve bu yanlışların sahip olunma yüzdeleri, öğretimden hemen sonraki ve öğretimden uzun süre sonrasındaki durumun karşılaştırılabilmesi amacıyla Tablo 16'da gösterilmiştir.

3. 3. Son Testten Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde, “Yapılan Çalışmalar” bölümünde geliştirilmesi ve uygulanması sürecinden detaylı olarak bahsedilen öğretim materyallerinin örnekleme uygulanması sonrasında öğrencilerdeki kavramsal değişimi belirlemek amacıyla, Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin örnekleme son test olarak uygulanmasından elde edilen bulgular ayrıntılı olarak sunulmuştur. Ayrıca öğrencilerin araştırılan konudaki farklı kavramlara ilişkin öğretim sonrası devam eden yanlışları da belirtilmiştir.

Son teste katılan her bir öğrencinin kimyasal bağlar kavram testine verdikleri cevaplar ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Analizler sırasında öğrencilerin her bir test maddesi için doğru cevap olarak işaretledikleri seçenekler belirlenmiş ve öğrencilerin tüm testteki doğru cevap sayıları belirlenerek testten aldıkları toplam puanlar hesaplanmıştır. Öğrencilerin her bir test maddesi için doğru cevap olarak işaretledikleri seçenekler, doğru cevap sayıları ve testten aldıkları toplam puanlar Tablo 12'de toplu olarak gösterilmiştir.

Tablo 12. Öğrencilerin son testte verdikleri cevaplar, testteki toplam doğru cevap sayıları ve testten aldıkları toplam puanlar

| Öğrenci | Test Maddeleri | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Doğru Cevap Sayısı | Toplam Puan (*) |
|---------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | | |
| 1 | C | A | D | B | C | B | A | A | D | A | C | D | A | C | A | C | B | C | A | D | B | B | B | C | 18 | 75 |
| 2 | C | A | D | D | A | B | C | C | D | | B | | | C | | C | A | C | D | D | C | | B | A | 15 | 63 |
| 3 | C | A | D | A | B | B | D | C | D | A | | C | B | | A | C | A | | | D | C | A | B | A | 12 | 50 |
| 4 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | | D | C | A | C | A | B | D | B | D | B | B | C | 19 | 79 |
| 5 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | D | A | C | A | B | A | C | D | B | C | D | B | C | 21 | 88 |
| 6 | C | A | D | B | B | D | C | D | D | A | B | D | A | C | A | C | D | C | A | D | A | B | C | B | 17 | 71 |
| 7 | C | A | D | B | C | B | C | C | D | A | B | D | A | C | A | C | B | C | D | A | C | A | B | D | 19 | 79 |
| 8 | C | A | D | C | C | B | C | C | D | A | B | D | A | C | A | D | B | A | D | D | C | B | B | C | 19 | 79 |
| 9 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | D | A | C | A | C | A | B | D | D | C | B | B | D | 22 | 92 |
| 10 | D | A | C | C | C | B | A | C | D | B | B | C | D | C | A | B | D | C | A | C | D | D | B | A | 9 | 38 |
| 11 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | D | C | C | A | B | A | C | D | C | C | C | B | C | 20 | 83 |
| 12 | C | A | D | B | C | B | C | C | C | A | B | D | A | C | A | C | A | A | D | D | A | B | B | A | 19 | 79 |
| 13 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | D | A | C | A | C | A | C | D | A | A | B | C | B | 20 | 83 |
| 14 | C | A | D | B | A | B | C | D | D | A | B | D | B | | A | D | D | C | D | D | C | A | B | | 17 | 71 |
| 15 | B | A | D | A | A | B | A | D | D | A | B | B | C | C | A | C | D | C | D | | C | A | A | C | 14 | 58 |
| 16 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | D | A | C | A | C | A | C | D | D | C | C | A | C | 22 | 92 |
| 17 | C | A | D | B | A | D | C | C | D | A | B | D | A | C | B | C | A | C | D | D | B | B | | C | 18 | 75 |
| 18 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | D | A | C | A | C | A | C | D | D | B | B | B | B | 22 | 92 |
| 19 | C | A | B | A | C | B | D | D | D | A | B | | B | C | B | C | B | A | D | B | C | | | A | 12 | 50 |
| 20 | C | A | D | B | D | B | | D | D | A | A | A | C | D | A | D | A | C | D | C | C | B | B | | 15 | 63 |
| 21 | B | A | D | B | C | B | A | D | D | A | B | D | A | D | A | C | A | A | | D | | C | B | B | 16 | 67 |
| 22 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | A | A | C | A | C | A | C | D | A | C | D | B | C | 20 | 83 |
| 23 | C | A | D | B | A | B | C | A | D | A | B | D | D | C | A | C | D | C | D | D | C | B | B | A | 19 | 79 |
| 24 | C | A | D | A | C | B | C | C | D | A | B | C | D | C | A | C | A | C | D | D | C | B | C | D | 18 | 75 |
| 25 | D | A | C | B | C | B | A | D | A | A | B | | A | | A | | A | C | | D | C | | B | C | 15 | 63 |
| 26 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | B | A | A | A | C | A | A | D | D | C | B | D | D | 19 | 79 |
| 27 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | D | A | B | A | C | A | C | D | D | C | | B | C | 22 | 92 |
| 28 | C | A | D | B | B | B | C | D | D | A | A | D | D | B | A | C | A | C | D | A | C | C | B | D | 17 | 71 |
| 29 | B | A | D | B | B | B | C | A | D | A | B | A | D | A | A | B | A | B | D | | C | B | B | C | 15 | 63 |

(*)Yüz (100) üzerinden öğrencilerin testten aldıkları toplam puanlar

Daha sonra, son test olarak örnekleme uygulanan Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin her bir maddesine verilen öğrenci cevapları incelenmiş, her bir seçeneğin kaç öğrenci tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği belirlenerek bu seçeneklerin doğru cevap olarak işaretlenme yüzdeleri hesaplanmıştır. Çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin uygulanması sonrasında Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin her bir

maddesinde yer alan seçenekleri doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci sayıları ve yüzdeleri Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Örneklemdaki öğrencilerin son testteki sorulara verdikleri cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Test Maddeleri | A | | B | | C | | D | | Bos | |
|----------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| | f | % | F | % | f | % | f | % | f | % |
| 1 | 0 | 0 | 3 | 10,3 | 24* | 82,8 | 2 | 6,9 | 0 | 0 |
| 2 | 29* | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 3,5 | 2 | 6,9 | 26* | 89,6 | 0 | 0 |
| 4 | 4 | 13,8 | 22* | 75,8 | 2 | 6,9 | 1 | 3,5 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 17,2 | 4 | 13,8 | 19* | 65,5 | 1 | 3,5 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 27* | 93,1 | 0 | 0 | 2 | 6,9 | 0 | 0 |
| 7 | 5 | 17,2 | 0 | 0 | 21* | 72,4 | 2 | 6,9 | 1 | 3,5 |
| 8 | 3 | 10,3 | 0 | 0 | 8 | 27,6 | 18* | 62,1 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 3,5 | 0 | 0 | 1 | 3,5 | 27* | 93 | 0 | 0 |
| 10 | 27* | 93 | 1 | 3,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3,5 |
| 11 | 2 | 6,9 | 25* | 86,1 | 1 | 3,5 | 0 | 0 | 1 | 3,5 |
| 12 | 3 | 10,3 | 2 | 6,9 | 3 | 10,3 | 17* | 58,7 | 4 | 13,8 |
| 13 | 16* | 55,2 | 3 | 10,3 | 3 | 10,3 | 6 | 20,7 | 1 | 3,5 |
| 14 | 2 | 6,9 | 2 | 6,9 | 20* | 69 | 2 | 6,9 | 3 | 10,3 |
| 15 | 26* | 89,6 | 2 | 6,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3,5 |
| 16 | 0 | 0 | 4 | 13,8 | 21* | 72,4 | 3 | 10,3 | 1 | 3,5 |
| 17 | 20* | 69 | 4 | 13,8 | 0 | 0 | 5 | 17,2 | 0 | 0 |
| 18 | 5 | 17,2 | 3 | 10,3 | 20* | 69 | 0 | 0 | 1 | 3,5 |
| 19 | 3 | 10,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23* | 79,4 | 3 | 10,3 |
| 20 | 4 | 13,8 | 3 | 10,3 | 3 | 10,3 | 17* | 58,7 | 2 | 6,9 |
| 21 | 3 | 10,3 | 3 | 10,3 | 20* | 69 | 2 | 6,9 | 1 | 3,5 |
| 22 | 4 | 13,8 | 14* | 48,3 | 4 | 13,8 | 3 | 10,3 | 4 | 13,8 |
| 23 | 2 | 6,9 | 21* | 72,4 | 3 | 10,3 | 1 | 3,5 | 2 | 6,9 |
| 24 | 6 | 20,7 | 4 | 13,8 | 12* | 41,4 | 5 | 17,2 | 2 | 6,9 |

* : Doğru cevabı içeren seçenek

Kimyasal Bağlar Kavram Testi’ndeki her bir maddede doğru seçeneğin dışındaki diğer seçenekler kavram yanlışlarını içerdiğinden ve bu çalışmada öğrencilerdeki kavramsal değişimin izlenmesi amaçlandığından, tüm öğrencilerin son teste verdikleri cevaplar detaylı olarak incelenmiş ve her bir test maddesindeki kavram yanlışlarının hangi

öğrencilerde var olduğu belirlenerek, bu kavram yanlışlarının öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdeleri hesaplanmıştır. Burada amaç; kimyasal bağlar konusunun çalışmada geliştirilen materyallerle öğretimi sonrasında öğrencilerin hangi kavram yanlışlarının devam ettiğini, hangi yanlışlı fikirlerde düzelme olduğunu ve bu düzelmenin ne düzeyde olduğunu belirlemektir. Buna göre; çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin uygulanması sonrasında Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin her bir maddesinde yer alan kavram yanlışlarının hangi öğrencilerde var olduğu, öğretim sonrasında bu yanlışlara sahip olan öğrenci sayıları ve bu yanlışların benimsenme yüzdeleri, öğretim öncesindeki ve öğretimden uzun süre sonrasındaki durumla karşılaştırılabilmesi amacıyla Tablo 16'da gösterilmiştir.

3.4. Gecikmiş Testten Elde Edilen Bulgular

Yapılan çalışmada öğrencilerdeki kavramsal değişimin kalıcı olup olmadığını tespit amacıyla Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin örnekleme gecikmiş test olarak uygulanmasından elde edilen bulgular bu bölümde ayrıntılı olarak sunulmuştur. Ayrıca öğrencilerin araştırılan konudaki farklı kavramlara ilişkin son test sonrası devam eden yanlışları da belirtilmiştir.

Gecikmiş teste katılan her bir öğrencinin Kimyasal Bağlar Kavram Testi'ne verdikleri cevaplar ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Analizler sırasında öğrencilerin her bir test maddesi için doğru cevap olarak işaretledikleri seçenekler belirlenmiş ve öğrencilerin tüm testteki doğru cevap sayıları belirlenerek testten aldıkları toplam puanlar hesaplanmıştır. Öğrencilerin gecikmiş testteki her bir madde için doğru cevap olarak işaretledikleri seçenekler, doğru cevap sayıları ve testten aldıkları toplam puanlar Tablo 14'de toplu olarak gösterilmiştir.

Daha sonra, gecikmiş test olarak örnekleme uygulanan Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin her bir maddesine verilen öğrenci cevapları incelenmiş, her bir seçeneğin kaç öğrenci tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği belirlenerek bu seçeneklerin doğru cevap olarak işaretlenme yüzdeleri hesaplanmıştır. Çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin uygulanmasından belirli bir süre sonra gecikmiş test olarak uygulanan Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin her bir maddesinde yer alan seçenekleri doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci sayıları ve yüzdeleri Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 14. Öğrencilerin gecikmiş testte verdikleri cevaplar, testteki toplam doğru cevap sayıları ve testten aldıkları toplam puanlar

| Öğrenci | Test Maddeleri | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Doğru Cevap Sayısı | Toplam Puan (*) |
|---------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | | |
| 1 | C | A | D | B | C | B | A | C | D | A | B | D | B | B | A | C | B | C | A | D | B | B | B | D | 16 | 67 |
| 2 | C | A | B | B | B | D | C | B | D | A | B | C | B | C | B | B | A | | C | D | C | | B | A | 12 | 50 |
| 3 | C | A | D | A | B | D | D | D | C | A | | D | B | D | A | B | A | A | A | | C | B | B | A | 11 | 46 |
| 4 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | C | B | A | D | C | A | C | D | B | D | D | D | B | B | B | 17 | 71 |
| 5 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | A | A | | A | | A | C | D | B | C | B | B | C | 20 | 83 |
| 6 | C | A | D | B | A | B | C | C | D | D | B | D | A | C | A | C | D | C | A | D | A | D | C | B | 15 | 63 |
| 7 | C | A | D | B | C | B | A | C | D | A | B | D | A | C | A | C | B | A | D | A | D | | B | C | 17 | 71 |
| 8 | C | A | D | A | C | B | C | C | D | A | B | D | A | C | A | D | B | C | D | D | C | B | B | C | 20 | 83 |
| 9 | C | A | D | B | B | B | C | D | D | A | D | D | A | C | A | C | A | B | D | D | C | B | C | C | 20 | 83 |
| 10 | D | A | B | A | B | D | C | B | D | B | A | C | D | C | A | B | D | C | A | C | | D | B | A | 7 | 29 |
| 11 | C | A | D | B | C | B | A | D | D | A | B | D | C | C | A | D | A | C | C | C | C | C | B | C | 18 | 75 |
| 12 | C | A | C | C | C | B | C | B | A | A | B | D | A | B | A | C | A | A | D | D | C | B | C | A | 16 | 67 |
| 13 | C | A | D | B | B | B | C | D | D | A | B | B | A | C | A | C | A | C | D | A | C | B | | | 19 | 79 |
| 14 | C | D | D | B | C | B | A | C | D | A | B | D | C | B | A | D | D | C | B | D | C | A | B | B | 14 | 58 |
| 15 | B | A | D | A | B | B | A | C | D | A | B | C | B | B | A | C | D | C | D | C | C | C | A | | 11 | 46 |
| 16 | C | A | D | B | A | D | C | D | D | A | B | D | A | C | A | C | A | C | D | D | C | C | A | C | 20 | 83 |
| 17 | C | A | D | B | C | D | A | C | D | B | B | D | A | C | | C | A | C | D | C | C | B | A | C | 17 | 71 |
| 18 | C | A | D | B | C | B | C | C | D | A | B | D | A | C | A | C | A | C | D | D | B | B | B | B | 21 | 88 |
| 19 | C | A | B | A | B | B | D | D | D | A | | | B | C | A | C | B | A | | | C | | D | A | 10 | 42 |
| 20 | C | A | D | B | C | C | A | A | D | A | A | C | D | C | A | D | D | C | D | C | A | C | B | A | 12 | 50 |
| 21 | B | A | D | A | C | B | A | D | D | A | B | | A | C | A | C | D | C | D | D | B | C | B | C | 17 | 71 |
| 22 | C | A | D | B | C | B | | D | D | A | B | A | A | B | A | C | A | C | D | D | C | D | B | A | 19 | 79 |
| 23 | C | A | D | C | C | B | C | C | D | A | B | D | C | C | A | D | D | C | D | D | C | B | C | C | 18 | 75 |
| 24 | C | D | D | A | C | B | C | C | D | A | B | D | A | C | A | C | D | C | A | A | C | | | D | 15 | 63 |
| 25 | D | A | C | B | C | B | A | D | A | A | B | | A | B | A | | A | C | | D | C | | B | C | 15 | 63 |
| 26 | C | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | B | C | D | A | C | A | A | D | D | A | B | B | D | 18 | 75 |
| 27 | B | A | D | B | C | B | C | D | D | A | B | D | A | B | A | C | A | B | D | D | C | | B | A | 19 | 79 |
| 28 | C | A | D | B | A | B | D | A | D | A | A | D | B | C | A | C | A | | D | A | C | C | B | C | 16 | 67 |
| 29 | B | A | D | B | A | B | D | B | D | A | B | A | D | | A | D | A | B | D | | C | | B | C | 13 | 54 |

Tablo 15. Örneklemdaki öğrencilerin gecikmiş testteki sorulara verdikleri cevapların seçeneklere göre frekansları ve yüzdelik dağılımları

| Test Maddeleri | A | | B | | C | | D | | Bos | |
|----------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| | f | % | f | % | f | % | f | % | f | % |
| 1 | 0 | 0 | 4 | 13,8 | 23* | 79,3 | 2 | 6,9 | 0 | 0 |
| 2 | 27* | 93,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6,9 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 3 | 10,3 | 2 | 6,9 | 24* | 82,8 | 0 | 0 |
| 4 | 7 | 24,1 | 20* | 69 | 2 | 6,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 4 | 13,8 | 7 | 24,1 | 18* | 62,1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 23* | 79,3 | 1 | 3,5 | 5 | 17,2 | 0 | 0 |
| 7 | 9 | 31 | 0 | 0 | 15* | 51,7 | 4 | 13,8 | 1 | 3,5 |
| 8 | 2 | 6,9 | 4 | 13,8 | 10 | 34,5 | 13* | 44,8 | 0 | 0 |
| 9 | 2 | 6,9 | 0 | 0 | 1 | 3,5 | 26* | 89,6 | 0 | 0 |
| 10 | 25* | 86,1 | 2 | 6,9 | 1 | 3,5 | 1 | 3,5 | 0 | 0 |
| 11 | 3 | 10,3 | 23* | 79,3 | 0 | 0 | 1 | 3,5 | 2 | 6,9 |
| 12 | 4 | 13,8 | 2 | 6,9 | 4 | 13,8 | 16* | 55,2 | 3 | 10,3 |
| 13 | 15* | 51,7 | 6 | 20,7 | 4 | 13,8 | 4 | 13,8 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 7 | 24,1 | 18* | 62,1 | 2 | 6,9 | 2 | 6,9 |
| 15 | 27* | 93 | 1 | 3,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3,5 |
| 16 | 0 | 0 | 3 | 10,3 | 18* | 62,1 | 6 | 20,7 | 2 | 6,9 |
| 17 | 16* | 55,2 | 4 | 13,8 | 0 | 0 | 9 | 31 | 0 | 0 |
| 18 | 5 | 17,2 | 4 | 13,8 | 18* | 62,1 | 0 | 0 | 2 | 6,9 |
| 19 | 5 | 17,2 | 1 | 3,5 | 2 | 6,9 | 19* | 65,5 | 2 | 6,9 |
| 20 | 4 | 13,8 | 1 | 3,5 | 5 | 17,2 | 16* | 55,2 | 3 | 10,3 |
| 21 | 3 | 10,3 | 3 | 10,3 | 20* | 69 | 2 | 6,9 | 1 | 3,5 |
| 22 | 1 | 3,5 | 12* | 41,4 | 6 | 20,7 | 3 | 10,3 | 7 | 24,1 |
| 23 | 3 | 10,3 | 19* | 65,5 | 4 | 13,8 | 1 | 3,5 | 2 | 6,9 |
| 24 | 8 | 27,6 | 4 | 13,8 | 12* | 41,4 | 3 | 10,3 | 2 | 6,9 |

* : Doğru cevabı içeren seçenek

Kimyasal Bağlar Kavram Testi'ndeki her bir maddede doğru seçeneğin dışındaki diğer seçenekler kavram yanlışlarını içerdiğinden ve bu çalışmada öğrencilerdeki kavramsal değişimin izlenmesi amaçlandığından, tüm öğrencilerin gecikmiş teste verdikleri cevaplar detaylı olarak incelenmiş ve her bir test maddesindeki kavram yanlışlarının son test sonrasında hangi öğrencilerde var olduğu belirlenerek, bu kavram yanlışlarının öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdeleri hesaplanmıştır. Burada amaç; kimyasal bağlar konusunun çalışmada geliştirilen materyallerle öğretiminden uzun bir süre

sonrasında öğrencilerin hangi kavram yanlışlarının devam ettiğini ve gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcı olup olmadığını belirlemektir. Buna göre; son test sonrası devam eden kavram yanlışlarının hangi öğrencilerde var olduğu, bu yanlışlara sahip olan öğrenci sayıları ve bu yanlışların örneklem tarafından sahip olunma yüzdeleri, öğretim öncesindeki ve öğretimden uzun süre sonrasındaki durumla karşılaştırılabilmesi amacıyla Tablo 16’da gösterilmiştir.

Tablo 16. Ön, son ve gecikmiş testlerde öğrenciler tarafından sahip olunan yanlışların frekans ve yüzdeleri

| Madde No | Kavram Yanlışları | Sahip Olan Öğrenciler | | | | | | | | | | |
|----------|--|---|----|------|------------------------|----------|------|---------------------------------|---|---------------|---|---|
| | | Ön Test | | f | % | Son Test | | f | % | Gecikmiş Test | | f |
| 1 | Kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun tüm elektronları oynar | Ö2, Ö20, Ö21, Ö23, Ö24, Ö27, Ö29 | 7 | 24,1 | Ö15, Ö21, Ö29 | 3 | 10,3 | Ö15, Ö21, Ö27, Ö29 | 4 | 13,8 | | |
| | Kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun protonları oynar | Ö1, Ö8, Ö10, Ö15, Ö19, Ö25 | 6 | 20,7 | Ö10, Ö25 | 2 | 6,9 | Ö10, Ö25 | 2 | 6,9 | | |
| 2 | İyonik bileşikler oda sıcaklığında sıvıdırlar | Ö24, Ö27 | 2 | 6,9 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | İyonik bileşikler birbirine kovalent bağla bağlıdırlar | Ö14, Ö15, Ö19, Ö23, Ö26 | 5 | 17,2 | - | - | - | Ö14, Ö24 | 2 | 6,9 | | |
| 3 | Kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar bir atomdan diğerine verilir | Ö13, Ö19 | 2 | 6,9 | Ö19 | 1 | 3,5 | Ö2, Ö10, Ö19 | 3 | 10,3 | | |
| | Kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar iki atom arasında bölünür | Ö2, Ö10, Ö11, Ö12, Ö15, Ö24, Ö25 | 7 | 24,1 | Ö10, Ö25 | 2 | 6,9 | Ö12, Ö25 | 2 | 6,9 | | |
| 4 | İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır | Ö3, Ö4, Ö5, Ö8, Ö13, Ö15, Ö16, Ö17, Ö24 | 9 | 31,1 | Ö3, Ö15, Ö19, Ö24 | 4 | 13,8 | Ö3, Ö8, Ö10, Ö15, Ö19, Ö21, Ö24 | 7 | 24,1 | | |
| | İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar tamamen kaybolur | Ö10, Ö23, Ö29 | 3 | 10,3 | Ö8, Ö10 | 2 | 6,9 | Ö12, Ö23 | 2 | 6,9 | | |
| | İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar iki atom arasında bölünür | Ö2, Ö9, Ö12, Ö19, Ö21, Ö27 | 6 | 20,7 | Ö2 | 1 | 3,5 | - | - | - | | |
| 5 | Kovalent bağ iki metal arasında gerçekleşir | Ö2, Ö7, Ö9, Ö11, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö19, Ö23, Ö24, Ö25, Ö26 | 14 | 48,3 | Ö2, Ö14, Ö15, Ö17, Ö23 | 5 | 17,2 | Ö6, Ö16, Ö28, Ö29 | 4 | 13,8 | | |
| | Kovalent bağ metaller ile ametaller arasında gerçekleşir | Ö3, Ö6, Ö10, Ö12, Ö21, Ö28, Ö29 | 7 | 24,1 | Ö3, Ö6, Ö28, Ö29 | 4 | 13,8 | Ö2, Ö3, Ö9, Ö10, Ö13, Ö15, Ö19 | 7 | 24,1 | | |
| | Kovalent bağ soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir | Ö20 | 1 | 3,5 | Ö20 | 1 | 3,5 | - | - | - | | |
| 6 | İyonik bağ soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir | Ö8 | 1 | 3,5 | - | - | - | - | - | - | | |
| | İyonik bağ metaller arasında gerçekleşir | Ö3, Ö14, Ö20 | 3 | 10,3 | - | - | - | Ö20 | 1 | 3,5 | | |
| | İyonik bağ ametaller arasında gerçekleşir | Ö2, Ö6, Ö10, Ö16, Ö17 | 5 | 17,2 | Ö6, Ö17 | 2 | 6,9 | Ö2, Ö3, Ö10, Ö16, Ö17 | 5 | 17,2 | | |

Tablo 16'nın devamı

| Madde No | Kavram Yanılgıları | Sahip Olan Öğrenciler | | | | | | | | |
|----------|--|---|----|------|--|---|------|---|-----|------|
| | | Ön Test | f | % | Son Test | f | % | Gecikmiş Test | f | % |
| 7 | Polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır | Ö1, Ö4, Ö5, Ö10, Ö15, Ö16, Ö17, Ö18, Ö20, Ö21, Ö22, Ö24, Ö28 | 13 | 44,8 | Ö1, Ö10, Ö15, Ö21, Ö25 | 5 | 17,2 | Ö1, Ö7, Ö11, Ö14, Ö15, Ö17, Ö20, Ö21, Ö25 | 9 | 31,1 |
| | Polar kovalent bağda elektronlar iki atom arasında kaybolurlar | Ö14 | 1 | 3,5 | - | - | - | - | - | |
| | Polar kovalent bağda elektronlar bir atomdan diğerine verilir | Ö3, Ö7, Ö11, Ö19, Ö25, Ö27, Ö29 | 7 | 24,1 | Ö3, Ö19 | 2 | 6,9 | Ö3, Ö19, Ö28, Ö29 | 4 | 13,8 |
| 8 | Bir su molekülündeki atomlar arasında apolar kovalent bağ vardır | Ö18, Ö23, Ö28 | 3 | 10,3 | Ö1, Ö23, Ö29 | 3 | 10,3 | Ö20, Ö28 | 2 | 6,9 |
| | Bir su molekülündeki atomlar arasında iyonik bağ vardır | Ö5, Ö29 | 2 | 6,9 | - | - | - | Ö2, Ö10, Ö12, Ö29 | 4 | 13,8 |
| | Bir su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı vardır | Ö1, Ö2, Ö3, Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö19, Ö20, Ö24, Ö25, Ö27 | 19 | 65,6 | Ö2, Ö3, Ö7, Ö8, Ö10, Ö12, Ö17, Ö24 | 8 | 27,6 | Ö1, Ö6, Ö7, Ö8, Ö14, Ö15, Ö17, Ö18, Ö23, Ö24 | 10 | 34,5 |
| 9 | Bir atomun kimyasal olarak en kararlı olabilmesi için en dış enerji düzeyinde 2 elektrona sahip olması gerekir | Ö12, Ö13, Ö25 | 3 | 10,3 | Ö25 | 1 | 3,5 | Ö12, Ö25 | 2 | 6,9 |
| | Bir atomun kimyasal olarak en kararlı olabilmesi için en dış enerji düzeyinde 6 elektrona sahip olması gerekir | Ö3, Ö20, Ö21 | 3 | 10,3 | Ö12 | 1 | 3,5 | Ö3 | 1 | 3,5 |
| 10 | Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında kovalent bağ oluşur | Ö4, Ö7, Ö8, Ö10, Ö11, Ö16, Ö17, Ö22 | 8 | 27,6 | Ö10 | 1 | 3,5 | Ö10, Ö17 | 2 | 6,9 |
| | Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında hidrojen bağı oluşur | - | - | - | - | - | Ö4 | 1 | 3,5 | |
| | Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında metalik bağ oluşur | Ö2, Ö5, Ö6 | 3 | 10,3 | - | - | - | Ö6 | 1 | 3,5 |
| 11 | Kimyasal bağlar; atomlardan biri elektron kaybedip diğeri kazandığında yada elektronlar bağ yapan atomlar arasında bölündüğünde oluşur | Ö3, Ö10, Ö19, Ö20, Ö24, Ö25, Ö28 | 7 | 24,1 | Ö20, Ö28 | 2 | 6,9 | Ö10, Ö20, Ö28 | 3 | 10,3 |
| | Kimyasal bağlar; atomlardan biri elektron kaybedip diğeri kazandığında yada elektronlar bağ yapan atomlar arasında birbirleriyle bütünleştiklerinde oluşur | Ö1, Ö5, Ö9, Ö14, Ö15 | 5 | 17,2 | Ö1 | 1 | 3,5 | Ö9 | 1 | 3,5 |
| 12 | AN'si 15 olan G atomunun ve AN'si 19 olan Y atomunun oluşturdukları GY_3 molekülü düzlem üçgen biçimindedir | Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö9, Ö10, Ö13, Ö18, Ö20, Ö22, Ö24, Ö26, Ö27 | 14 | 48,3 | Ö3, Ö10, Ö15, Ö20, Ö22, Ö24, Ö26, Ö29 | 8 | 27,6 | Ö2, Ö4, Ö5, Ö10, Ö13, Ö15, Ö20, Ö22, Ö26, Ö29 | 10 | 34,5 |
| 13 | H_2O , HF, HCl, HI ve CH_4 moleküllerinden kaynama noktası en yüksek olan HI'dır | Ö4, Ö5, Ö10, Ö11, Ö13, Ö15, Ö20, Ö23, Ö24, Ö26, Ö28, Ö29 | 12 | 41,4 | Ö4, Ö10, Ö11, Ö15, Ö20, Ö23, Ö24, Ö28, Ö29 | 9 | 31,1 | Ö4, Ö10, Ö11, Ö14, Ö20, Ö23, Ö26, Ö29 | 8 | 27,6 |
| | H_2O , HF, HCl, HI ve CH_4 moleküllerinden kaynama noktası en düşük olan HF 'dir | Ö1, Ö2, Ö3, Ö11, Ö14, Ö15, Ö19, Ö20, Ö26 | 9 | 31,1 | Ö3, Ö11, Ö14, Ö15, Ö19, Ö20 | 6 | 20,7 | Ö1, Ö2, Ö3, Ö11, Ö14, Ö15, Ö19, Ö23, Ö26, Ö28 | 10 | 34,5 |

Tablo 16'nın devamı

| Madde No | Kavram Yanılgıları | Sahip Olan Öğrenciler | | | | | | | | | | |
|----------|---|---|----|------|------------------------|----------|------|---|---|---------------|---|---|
| | | Ön Test | | f | % | Son Test | | f | % | Gecikmiş Test | | f |
| 14 | HF molekülünde bağlanmaya katılmayan elektronlar bağ yapan yada paylaşılan elektronların pozisyonunu etkiler | Ö4, Ö14, Ö15, Ö22, Ö26, Ö29 | 6 | 20,7 | Ö26, Ö29 | 2 | 6,9 | - | - | - | - | - |
| | HF molekülünde hidrojen ve flor bir kovalent bağ oluşturdıkları için elektron çifti merkezde yerleşir | Ö1, Ö12, Ö23, Ö25, Ö27, Ö28 | 6 | 20,7 | Ö27, Ö28 | 2 | 6,9 | Ö1, Ö12, Ö14, Ö15, Ö22, Ö25, Ö27 | 7 | 24,1 | | |
| | HF molekülünde flor hidrojen atomundan daha büyük olduğu için bağ elektronları üzerinde daha güçlü bir etkiye sahiptir | Ö13, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20 | 6 | 20,7 | Ö20, Ö21 | 2 | 6,9 | Ö3, Ö26 | 2 | 6,9 | | |
| 15 | Oktet kuralı; bir atomun yapabileceği bağ sayısının en dış kabuğundaki elektron sayısı ile eşit olması gerektiğini ifade eder | Ö2, Ö16, Ö17, Ö19 | 4 | 13,8 | Ö17, Ö19 | 2 | 6,9 | Ö2 | 1 | 3,5 | | |
| | Oktet kuralı; bir molekülün şeklinin yalnızca bağ yapan elektron çiftlerinin sayısına bağlı olduğunu ifade eder | Ö11 | 1 | 3,5 | - | - | - | - | - | - | | |
| 16 | Moleküller arası kuvvetler; moleküller içerisindeki kuvvetlerdir | Ö7, Ö11 | 2 | 6,9 | - | - | - | - | - | - | | |
| | Bir madde hal değiştirirken moleküller içerisindeki kovalent bağlar kırılır | Ö2, Ö3, Ö5, Ö10, Ö26, Ö29 | 6 | 20,7 | Ö5, Ö10, Ö11, Ö29 | 4 | 13,8 | Ö2, Ö3, Ö10 | 3 | 10,3 | | |
| | Bir su molekülünde hidrojen ve oksijen atomlarını bir arada tutan bağ; hidrojen bağıdır | Ö8, Ö14, Ö18, Ö20, Ö25, Ö28 | 6 | 20,7 | Ö8, Ö14, Ö20 | 3 | 10,3 | Ö8, Ö11, Ö14, Ö20, Ö23, Ö29 | 6 | 20,7 | | |
| 17 | Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı sıcaklıkla değişir | Ö1, Ö7, Ö8, Ö9, Ö19, Ö28 | 6 | 20,7 | Ö1, Ö7, Ö8, Ö19 | 4 | 13,8 | Ö1, Ö7, Ö8, Ö19 | 4 | 13,8 | | |
| | Su molekülleri doğrusal bir şekle sahiptir | Ö2, Ö26, Ö29 | 3 | 10,3 | - | - | - | - | - | | | |
| | Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı, içerisinde buldukları kabın şekline göre değişir | Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10, Ö11, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö20, Ö21, Ö23, Ö24, Ö25, Ö27 | 17 | 58,7 | Ö6, Ö10, Ö14, Ö15, Ö23 | 5 | 17,2 | Ö4, Ö6, Ö10, Ö14, Ö15, Ö20, Ö21, Ö23, Ö24 | 9 | 31,1 | | |
| 18 | Metalik bağ, metal atomları arasında elektron alış veriş şekline oluşur | Ö1, Ö3, Ö6, Ö7, Ö8, Ö10, Ö12, Ö13, Ö19, Ö21, Ö25, Ö26 | 12 | 41,4 | Ö8, Ö12, Ö19, Ö21, Ö26 | 5 | 17,2 | Ö3, Ö7, Ö12, Ö19, Ö26 | 5 | 17,2 | | |
| | Metalik bağ, metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde oluşur | Ö4, Ö9, Ö16, Ö24, Ö27, Ö29 | 6 | 20,7 | Ö4, Ö9, Ö29 | 3 | 10,3 | Ö4, Ö9, Ö27, Ö29 | 4 | 13,8 | | |
| | Metalik bağ, metal atomları arasındaki Van der Waals çekim kuvvetleriyle oluşur. | Ö2, Ö23 | 2 | 6,9 | - | - | - | - | - | - | | |
| 19 | Bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından (iyonik) bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir | Ö1, Ö3, Ö6, Ö8, Ö9, Ö10, Ö13, Ö14, Ö16, Ö17, Ö19, Ö20, Ö21, Ö24, Ö25 | 15 | 51,7 | Ö1, Ö6, Ö10 | 3 | 10,3 | Ö1, Ö3, Ö6, Ö10, Ö14, Ö24 | 6 | 20,7 | | |
| | Yan yana bulunan çok sayıda Na ve Cl atomlarını düşünüldüğünde, hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığını bilmediğimiz sürece iyonik bağın yerini belirlemek imkansızdır | Ö2, Ö4, Ö5, Ö9, Ö11, Ö14, Ö19 | 7 | 24,1 | - | - | - | Ö2, Ö11, Ö14 | 3 | 10,3 | | |

Tablo 16'nın devamı

| Madde No | Kavram Yanılgıları | Sahip Olan Öğrenciler | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|------|----------------------------|---|------|--------------------------------------|---|------|
| | | Ön Test | f | % | Son Test | f | % | Gecikmiş Test | f | % |
| 20 | Genellikle, molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olan bileşikler, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olan bileşiklerden daha düşük sıcaklıklarda kaynarlar | Ö22, Ö28 | 2 | 6,9 | Ö7, Ö13, Ö22, Ö28 | 4 | 13,8 | Ö7, Ö13, Ö24, Ö28 | 4 | 13,8 |
| | Dipol-dipol etkileşimleri; He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soygaz atomlarının bir anlık simetritlerinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan zayıf moleküller arası kuvvetlerdir | Ö4, Ö5, Ö6, Ö13, Ö19, Ö25, Ö26, Ö29 | 8 | 27,6 | Ö4, Ö5, Ö19 | 3 | 10,3 | Ö5 | 1 | 3,5 |
| | Dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır | Ö9, Ö10, Ö11, Ö16, Ö17, Ö20 | 6 | 20,7 | Ö10, Ö11, Ö20 | 3 | 10,3 | Ö10, Ö11, Ö15, Ö17, Ö20 | 5 | 17,2 |
| 21 | Hidrojen bağları iyonik ve kovalent bağlarda dahil olmak üzere tüm kuvvetlerden daha güçlüdürler | Ö6, Ö12, Ö15, Ö20, Ö22, Ö26, Ö27, Ö28 | 8 | 27,6 | Ö6, Ö12, Ö13 | 3 | 10,3 | Ö6, Ö20, Ö26 | 3 | 10,3 |
| | Kovalent bağlar, iyonik bağlardan daha güçlüdür | Ö1, Ö9, Ö14, Ö16, Ö17, Ö18, Ö21 | 7 | 24,1 | Ö1, Ö17, Ö18 | 3 | 10,3 | Ö1, Ö18, Ö21 | 3 | 10,3 |
| | Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür | Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö8, Ö10 | 6 | 20,7 | Ö4, Ö10 | 2 | 6,9 | Ö4, Ö7 | 2 | 6,9 |
| 22 | Van der Waals bağları; H ₂ , O ₂ , Cl ₂ gibi apolar moleküllerde, atomlar arasındaki bağlardır | Ö3, Ö4, Ö7, 13, Ö25 | 5 | 17,2 | Ö3, Ö7, Ö14, Ö15 | 4 | 13,8 | Ö14 | 1 | 3,5 |
| | Van der Waals bağları yalnızca He, Ar, Ne gibi soygaz atomları arasında bulunur | Ö11, Ö14, Ö16, Ö17, Ö18, Ö19, Ö20, Ö26, Ö28 | 9 | 31,1 | Ö11, Ö16, Ö21, Ö28 | 4 | 13,8 | Ö11, Ö15, Ö16, Ö20, Ö21, Ö28 | 6 | 20,7 |
| | Van der Waals bağlarının kuvveti molekülün büyüklüğüne bağlı ancak molekülün şekline bağlı değildir | Ö5, Ö6, Ö10, Ö22, Ö24, Ö29 | 6 | 20,7 | Ö5, Ö10, Ö22 | 3 | 10,3 | Ö6, Ö10, Ö22 | 3 | 10,3 |
| 23 | AN'si 12 olan X atomunun ve AN'si 16 olan Y atomunun oluşturdukları XY molekülünde, atomlar arasında apolar kovalent bağ vardır | Ö9, Ö11, Ö16, Ö17, Ö18, Ö21 | 6 | 20,7 | Ö15, Ö16 | 2 | 6,9 | Ö15, Ö16, Ö17 | 3 | 10,3 |
| | AN'si 17 olan Z atomları kendi aralarında metalik bağ yaparak Z ₂ moleküllerini oluşturur | Ö2, Ö10, Ö12, Ö19, Ö22, Ö23 | 6 | 20,7 | Ö6, Ö13, Ö24 | 3 | 10,3 | Ö6, Ö9, Ö12, Ö23 | 4 | 13,8 |
| | AN'si 16 olan Y atomu ve AN'si 17 olan Z atomları arasında iyonik bağ oluşur | Ö8, Ö26 | 2 | 6,9 | Ö26 | 1 | 3,5 | Ö19 | 1 | 3,5 |
| 24 | Grafitte karbon atomları birbirine sıkı bağlanmadığından atomlardan bazıları bağ yapmazlar ve molekül içerisinde serbest hareket ederler. Bu nedenle grafit elektriği iletir | Ö2, Ö3, Ö10, Ö12, Ö19, Ö20, Ö22, Ö23, Ö27 | 9 | 31,1 | Ö2, Ö3, Ö10, Ö12, Ö19, Ö23 | 6 | 20,7 | Ö2, Ö3, Ö10, Ö12, Ö19, Ö20, Ö22, Ö27 | 8 | 27,6 |
| | Grafit elektriği iletir. Çünkü grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bunlar elektriği iletirler | Ö4, Ö6, Ö13, Ö14, Ö18, Ö21, Ö24 | 7 | 24,1 | Ö6, Ö13, Ö18, Ö21 | 4 | 13,8 | Ö4, Ö6, Ö14, Ö18 | 4 | 13,8 |
| | Grafit elektriği iletir çünkü birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakalarına sahiptir | Ö1, Ö8, Ö9, Ö16, Ö25, Ö26 | 6 | 20,7 | Ö7, Ö9, Ö24, Ö26, Ö28 | 5 | 17,2 | Ö1, Ö24, Ö26 | 3 | 10,3 |

Buraya kadar olan bölümde, ön, son ve gecikmiş testlerde öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki kavramlarla ilgili olarak sahip oldukları belirlenen yanılgılar ve

bunların yüzdeleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Son olarak öğrencilerin uygulama öncesinde, uygulamanın hemen sonrasında ve uygulamadan uzun bir süre geçmesinin ardından uygulanan testlerde, başka bir ifadeyle ön, son ve gecikmiş testlerde, sahip oldukları belirlenen yanlışlarını ve bu yanlışların öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerindeki değişimi belirlemek amacıyla ön, son ve gecikmiş testler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Öğrencilerde uygulama sonrasında meydana gelen kavramsal değişimin yüzde olarak hesaplanabilmesi için her bir kavram yanlışlarının ön ve son testlerde öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdeleri karşılaştırılırken, gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcı olup olmadığını belirlemek için ise her bir kavram yanlışlarının son ve gecikmiş testlerde öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdeleri karşılaştırılmıştır. Eğer iki testten yüzde olarak elde edilen sonuç eşitse ya da gecikmiş testten elde edilen sonuç son testtekinden daha az ise kalıcı (K) olarak nitelendirilmiştir. Eğer gecikmiş testten yüzde olarak elde edilen sonuç, son testtekinden fazla ise bu sefer de öğretim sonrası meydana gelen kavramsal değişim kalıcı değil (KD) şeklinde nitelendirilmiştir. Kavram yanlışlarının öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerinin ön, son ve gecikmiş testlerdeki değişimi ve son ve gecikmiş testlerde yanlışların öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerinin karşılaştırılması sonucu elde edilen kavramsal değişimin kalıcılık durumları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Kavram Yanlışlarının Öğrenciler Tarafından Sahip Olunma Yüzdelerinin Ön, Son ve Gecikmiş Testlerdeki Değişimi ve Kalıcılık

| Kavram Yanlışları | Sahip Olan Öğrenciler | | | | |
|--|-----------------------|--------------|-------------|-------------------|-----------|
| | Ön Test (%) | Son Test (%) | Değişim (%) | Gecikmiş Test (%) | Kalıcılık |
| Kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun tüm elektronları oynar | 24,1 | 10,3 | 13,8 (+)* | 13,8 | KD |
| Kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun protonları oynar | 20,7 | 6,9 | 13,8 (+) | 6,9 | K |
| İyonik bileşikler oda sıcaklığında sıvıdırlar | 6,9 | 0 | 6,9 (+) | 0 | K |
| İyonik bileşikler birbirine kovalent bağla bağlıdırlar | 17,2 | 0 | 17,2 (+) | 6,9 | KD |
| Kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar bir atomdan diğerine verilir | 6,9 | 3,5 | 3,4 (+) | 10,3 | KD |
| Kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar iki atom arasında bölünür | 24,1 | 6,9 | 17,2 (+) | 6,9 | K |
| İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır | 31,1 | 13,8 | 17,3 (+) | 24,1 | KD |

Tablo 17'nin devamı

| | | | | | |
|--|------|------|----------|------|----|
| İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar tamamen kaybolur | 10,3 | 6,9 | 3,4 (+) | 6,9 | K |
| İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar iki atom arasında bölünür | 20,7 | 3,5 | 17,2 (+) | 0 | K |
| Kovalent bağ, iki metal arasında gerçekleşir | 48,3 | 17,2 | 31,1 (+) | 13,8 | K |
| Kovalent bağ, metaller ile ametaller arasında gerçekleşir | 24,1 | 13,8 | 10,3 (+) | 24,1 | KD |
| Kovalent bağ, soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir | 3,5 | 3,5 | 0 | 0 | K |
| İyonik bağ, soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir | 3,5 | 0 | 3,5 (+) | 0 | K |
| İyonik bağ, metaller arasında gerçekleşir | 10,3 | 0 | 10,3 (+) | 3,5 | KD |
| İyonik bağ, ametaller arasında gerçekleşir | 17,2 | 6,9 | 10,3 (+) | 17,2 | KD |
| Polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır | 44,8 | 17,2 | 27,6 (+) | 31,1 | KD |
| Polar kovalent bağda elektronlar iki atom arasında kaybolurlar | 3,5 | 0 | 3,5 (+) | 0 | K |
| Polar kovalent bağda elektronlar bir atomdan diğerine verilir | 24,1 | 6,9 | 17,2 (+) | 13,8 | KD |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında apolar kovalent bağ vardır | 10,3 | 10,3 | 0 | 6,9 | K |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında iyonik bağ vardır | 6,9 | 0 | 6,9 (+) | 13,8 | KD |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı vardır | 65,6 | 27,6 | 38 (+) | 34,5 | KD |
| Bir atomun kimyasal olarak en kararlı olabilmesi için en dış enerji düzeyinde 2 elektrona sahip olması gerekir | 10,3 | 3,5 | 6,8 (+) | 6,9 | KD |
| Bir atomun kimyasal olarak en kararlı olabilmesi için en dış enerji düzeyinde 6 elektrona sahip olması gerekir | 10,3 | 3,5 | 6,8 (+) | 3,5 | K |
| Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında kovalent bağ oluşur | 27,6 | 3,5 | 24,1 (+) | 6,9 | KD |
| Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında hidrojen bağı oluşur | 0 | 0 | 0 | 3,5 | KD |
| Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında metalik bağ oluşur | 10,3 | 0 | 10,3 (+) | 3,5 | KD |
| Kimyasal bağlar; atomlardan biri elektron kaybedip diğeri kazandığında yada elektronlar bağ yapan atomlar arasında bölündüğünde oluşur | 24,1 | 6,9 | 17,2 (+) | 10,3 | KD |
| Kimyasal bağlar; atomlardan biri elektron kaybedip diğeri kazandığında yada elektronlar bağ yapan atomlar arasında birbirleriyle bütünleştiklerinde oluşur | 17,2 | 3,5 | 13,7 (+) | 0 | K |
| Kimyasal bağlar; atomlardan biri elektron kaybedip diğeri kazandığında yada elektronlar bağ yapan atomlar arasında kaybolduğunda oluşur | 0 | 0 | 0 | 3,5 | KD |
| AN'si 15 olan G atomunun ve AN'si 19 olan Y atomunun oluşturdukları GY ₃ molekülü düzlem üçgen biçimindedir | 48,3 | 27,6 | 20,7 (+) | 34,5 | KD |
| H ₂ O, HF, HCl, HI ve CH ₄ moleküllerinden kaynama noktası en yüksek olan HI'dır | 41,4 | 31,1 | 10,3 (+) | 27,6 | K |
| H ₂ O, HF, HCl, HI ve CH ₄ moleküllerinden kaynama noktası en düşük olan HF'dir | 31,1 | 20,7 | 10,4 (+) | 34,5 | KD |
| HF molekülünde bağlanmaya katılmayan elektronlar bağ yapan yada paylaşılan elektronların pozisyonunu etkiler | 20,7 | 6,9 | 13,8 (+) | 0 | K |
| HF molekülünde hidrojen ve flor bir kovalent bağ oluşturdukları için elektron çifti merkezde yerleşir | 20,7 | 6,9 | 13,8 (+) | 24,1 | KD |
| HF molekülünde flor hidrojen atomundan daha büyük olduğu için bağ elektronları üzerinde daha güçlü bir etkiye sahiptir | 20,7 | 6,9 | 13,8 (+) | 6,9 | K |
| Oktet kuralı; bir atomun yapabileceği bağ sayısının en dış kabuğundaki elektron sayısı ile eşit olması gerektiğini ifade eder | 13,8 | 6,9 | 6,9 (+) | 3,5 | K |

Tablo 17'nin devamı

| | | | | | |
|--|------|------|-----------|------|----|
| Oktet kuralı; bir molekülün şeklinin yalnızca bağ yapan elektron çiftlerinin sayısına bağlı olduğunu ifade eder | 3,5 | 0 | 3,5 (+) | 0 | K |
| Moleküller arası kuvvetler; moleküller içerisindeki kuvvetlerdir | 6,9 | 0 | 6,9 (+) | 0 | K |
| Bir madde hal değiştirirken moleküller içerisindeki kovalent bağlar kırılır | 20,7 | 13,8 | 6,9 (+) | 10,3 | K |
| Bir su molekülünde hidrojen ve oksijen atomlarını bir arada tutan bağ; hidrojen bağıdır | 20,7 | 10,3 | 10,4 (+) | 20,7 | KD |
| Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı sıcaklıkla değişir | 20,7 | 13,8 | 6,9 (+) | 13,8 | K |
| Su molekülleri doğrusal bir şekle sahiptir | 10,3 | 0 | 10,3 (+) | 0 | K |
| Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı, içerisinde buldukları kabın şekline göre değişir | 58,7 | 17,2 | 41,5 (+) | 31,1 | KD |
| Metalik bağ, metal atomları arasında elektron alış verişi şeklinde oluşur | 41,4 | 17,2 | 24,2 (+) | 17,2 | K |
| Metalik bağ, metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde oluşur | 20,7 | 10,3 | 10,4 (+) | 13,8 | KD |
| Metalik bağ, metal atomları arasındaki Van der Waals çekim kuvvetleriyle oluşur. | 6,9 | 0 | 6,9 (+) | 0 | K |
| Bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından (iyonik) bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir | 51,7 | 10,3 | 41,4 (+) | 20,7 | KD |
| Yan yana bulunan çok sayıdaki Na ve Cl atomlarını düşünülürken, hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığını bilmediğimiz sürece iyonik bağın yerini belirlemek imkansızdır | 24,1 | 0 | 24,1 (+) | 10,3 | KD |
| Genellikle, molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olan bileşikler, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olan bileşiklerden daha düşük sıcaklıklarda kaynarlar | 6,9 | 13,8 | 6,9 (-)** | 13,8 | K |
| Dipol-dipol etkileşimleri; He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soygaz atomlarının bir anlık simetrisinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan zayıf moleküller arası kuvvetlerdir | 27,6 | 10,3 | 17,3 (+) | 3,5 | K |
| Dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır | 20,7 | 10,3 | 10,4 (+) | 17,2 | KD |
| Hidrojen bağları iyonik ve kovalent bağlarda dahil olmak üzere tüm kuvvetlerden daha güçlüdürler | 27,6 | 10,3 | 17,3 (+) | 10,3 | K |
| Kovalent bağlar, iyonik bağlardan daha güçlüdür | 24,1 | 10,3 | 13,8 (+) | 10,3 | K |
| Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür | 20,7 | 6,9 | 13,8 (+) | 6,9 | K |
| Van der Waals bağları; H ₂ , O ₂ , Cl ₂ gibi apolar moleküllerde, atomlar arasındaki bağlardır | 17,2 | 13,8 | 3,4 (+) | 3,5 | K |
| Van der Waals bağları yalnızca He, Ar, Ne gibi soygaz atomları arasında bulunur | 31,1 | 13,8 | 17,3 (+) | 20,7 | KD |
| Van der Waals bağlarının kuvveti molekülün büyüklüğüne bağlı ancak molekülün şekline bağlı değildir | 20,7 | 10,3 | 10,4 (+) | 10,3 | K |
| AN'si 12 olan X atomunun ve AN'si 16 olan Y atomunun oluşturdukları XY molekülünde, atomlar arasında apolar kovalent bağ vardır | 20,7 | 6,9 | 13,8 (+) | 10,3 | KD |
| AN'si 17 olan Z atomları kendi aralarında metalik bağ yaparak Z ₂ moleküllerini oluşturur | 20,7 | 10,3 | 10,4 (+) | 13,8 | KD |

Tablo 17'nin devamı

| | | | | | |
|--|------|------|----------|------|----|
| AN'si 16 olan Y atomu ve AN'si 17 olan Z atomları arasında iyonik bağ oluşur | 6,9 | 3,5 | 3,4 (+) | 3,5 | K |
| Grafitte karbon atomları birbirine sıkı bağlanmadığından atomlardan bazıları bağ yapmazlar ve molekül içerisinde serbest hareket ederler. Bu nedenle grafit elektriği iletir | 31,1 | 20,7 | 10,4 (+) | 27,6 | KD |
| Grafit elektriği iletir. Çünkü grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bunlar elektriği iletirler | 24,1 | 13,8 | 10,3 (+) | 13,8 | K |
| Grafit elektriği iletir çünkü birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakalarına sahiptir | 20,7 | 17,2 | 3,5 (+) | 10,3 | K |

* (+) işareti öğrenci fikirlerinde gerçekleşen olumlu kavramsal değişimi ifade etmektedir

** (-) işareti öğrenci fikirlerinde gerçekleşen olumsuz kavramsal değişimi ifade etmektedir

3.5. Testlerden Elde Edilen Ayrıntılı Bulgular

Önceki bölümlerde *Kimyasal Bağlar Kavram Testi*'nin uygulama öncesinde ön test olarak, uygulamanın hemen sonrasında son test olarak ve uygulamada yaklaşık dört ay sonra gecikmiş test olarak uygulanmasından elde edilen veriler tablolar halinde ayrı ayrı sunulmuştur. Bu bölümde ise, öğrencilerin *Kimyasal Bağlar Kavram Testi*'ne verdikleri cevaplar ayrıntılı olarak incelenmiş ve ön, son ve gecikmiş testlerde her bir maddeye verilen öğrenci cevapları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin ilk sorusu, öğrencilerin bir kimyasal bağın nasıl oluştuğu hakkındaki anlamalarını araştırmaktadır. Bu soruda öğrencilere kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü oynayan taneciklerin hangileri olduğu sorulmaktadır. Bu sorunun doğru cevabı olan; “atomların bağ yapması esnasında en önemli rolü oynayan tanecikler; her iki atomun son kabuk elektronlarıdır” ifadesi “c” seçeneğinde yer almaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin birinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 1. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | - | - |
| % | | - | - | - |
| B | f | 7 | 3 | 4 |
| | % | 24,1 | 10,3 | 13,8 |
| C* | f | 16 | 24 | 23 |
| | % | 55,2 | 82,8 | 79,3 |
| D | f | 6 | 2 | 2 |
| | % | 20,7 | 6,9 | 6,9 |
| Boş | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |

Tablo 18'den görüldüğü gibi ön testte öğrencilerin %55,2'si soruya doğru cevap verirken, son testte %82,8'i ve gecikmiş testte ise %79,3'ü doğru cevap vermişlerdir. Kimyasal bağ oluşumunun her iki atomun nötronları sayesinde gerçekleşeceği yanlışını içeren "a" seçeneğini ön, son ve gecikmiş testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci bulunmamaktadır. Kimyasal bağ oluşumu esnasında her iki atomun tüm elektronlarının aktif bir rol oynadığı yanlışını içeren "b" seçeneği, ön testte öğrencilerin %24,1'i tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, son testte öğrencilerin %10,3'ü ve gecikmiş testte %13,8'i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Bağ oluşumunda en aktif rolü protonların oynadığı yanlışını içeren "d" seçeneği ise, ön testte öğrencilerin %20,7'si, son testte ve gecikmiş testlerde ise %6,9'u tarafından doğru cevap olarak seçilmiştir. Ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

Testin ikinci sorusu; iyonik bileşiklerin özellikleri ile ilgili öğrenci anlamalarını ve yanlışlarını araştırmaktadır. Bu soruda öğrencilere, iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle hangi halde buldukları sorulmaktadır. Örgülü yapıya sahip olan iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle katı halde olduğu ifadesini içeren "a" seçeneği bu sorunun doğru cevabıdır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin ikinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 2. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A* | f | 22 | 29 |
| % | | 75,9 | 100 | 93,1 |
| B | f | 2 | - | - |
| | % | 6,9 | - | - |
| C | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |
| D | f | 5 | - | 2 |
| | % | 17,2 | - | 6,9 |
| Boş | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |

Tablo 19'dan görüldüğü gibi; bu soruya verilen cevaplar arasında "a" doğru seçeneğini ön testte öğrencilerin %75,9'u doğru cevap olarak işaretlerken, son testte %100'ü ve gecikmiş testte ise %93,1'i doğru cevap olarak işaretlemişlerdir. İyonik bileşiklerin genellikle sıvı olduğu yanlışını içeren "b" seçeneği, ön testte öğrencilerin %6,9'u tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, son ve gecikmiş testlerde bu yanlışlığı içeren seçenek hiçbir öğrenci tarafından doğru cevap olarak işaretlenmemiştir. İyonik bileşiklerin genellikle gaz halde bulunduğu yanlışını içeren "c" seçeneğini ön, son ve gecikmiş testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci bulunmamaktadır. İyonik bileşiklerin birbirlerine kovalent bağla bağlı olduğu yanlışını içeren "d" seçeneği ön testte öğrencilerin %17,2'si ve gecikmiş testte öğrencilerin %6,9'u tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Bu seçenek son testte hiçbir öğrenci tarafından doğru cevap olarak işaretlenmemiştir. Ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci ise bulunmamaktadır.

Testin üçüncü sorusu kovalent bağın nasıl gerçekleştiği ve kovalent bağı meydana getiren atomların değerlik elektronlarının bağ oluşumu esnasında nasıl davrandığıyla ilgili öğrenci anlamalarını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Ayrıca bu soruyla, öğrencilerin kimyasal bağ türlerini ve onların özelliklerini ne derece birbirinden ayırt edebildikleri de araştırılmaktadır. Kovalent bağ oluşumu esnasında bağ yapan atomların değerlik elektronlarını paylaştıkları veya ortak kullandıkları ifadesini içeren "d" seçeneği bu sorunun doğru cevabını içeren seçenektir. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin üçüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 3. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | - | - |
| % | | - | - | - |
| B | f | 2 | 1 | 3 |
| | % | 6,9 | 3,5 | 10,3 |
| C | f | 7 | 2 | 2 |
| | % | 24,1 | 6,9 | 6,9 |
| D* | f | 20 | 26 | 24 |
| | % | 69 | 89,6 | 82,8 |
| Boş | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |

Tablo 20'den görüldüğü gibi; doğru cevabı içeren “d” seçeneğinin ön testte öğrencilerin %69'u, son testte %89,6'sı ve gecikmiş testte %82,8'i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği belirlenmiştir. Kovalent bağ oluşumu esnasında bağlanmayı oluşturan elektronların kaybolduğu yanlışını içeren “a” seçeneğini, ön, son ve gecikmiş testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci bulunmamaktadır. Kovalent bağ oluşumu esnasında bağlanmayı oluşturan atomlar arasında elektron alışverişinin gerçekleştiği ifadesini içeren ve iyonik bağ için daha doğru olan “b” seçeneğini işaretleyen öğrencilerin yüzdelerinin; ön testte %6,9, son testte %3,5 ve gecikmiş testte %10,3 olduğu ortaya çıkmıştır. Kovalent bağ oluşumu esnasında bağ yapan elektron ya da elektronların her iki atom arasında bölündüğü yanlışını içeren “c” seçeneğinin ise ön testte öğrencilerin %24,1'i, son ve gecikmiş testlerde ise öğrencilerin %6,9'u tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği tespit edilmiştir. Ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

Testin dördüncü sorusunda öğrencilerin iyonik bağın nasıl gerçekleştiği ve iyonik bağın meydana gelmesi sürecinde atomların nasıl davrandığı ile ilgili anlamalarını ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır. Ayrıca bir önceki soruya benzer şekilde bu soru ile, öğrencilerin kimyasal bağ türlerini ve onların özelliklerini ne derece birbirinden ayırt edebildikleri de araştırılmaktadır. İyonik bağın oluşabilmesi için bağ yapan atomlardan birinin diğerine elektron vermesi gerektiği ifadesini içeren “b” seçeneği bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin dördüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 4. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 9 | 4 |
| % | | 31,1 | 13,8 | 24,1 |
| B* | f | 11 | 22 | 20 |
| | % | 37,9 | 75,8 | 69 |
| C | f | 3 | 2 | 2 |
| | % | 10,3 | 6,9 | 6,9 |
| D | f | 6 | 1 | - |
| | % | 20,7 | 3,5 | - |
| Boş | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |

Tablo 21'den görüldüğü gibi; ön testte öğrencilerin sadece %37,9'u bu soruya doğru cevap verebilirken, son testte %75,8'i ve gecikmiş testte ise %69'u bu soruyu doğru cevap verebilmiştir. İyonik bağ oluşumu esnasında elektronların bağ yapan atomlar arasında paylaşıldığı ifadesini içeren ve aslında kovalent bağ için doğru olan "a" seçeneği, ön testte öğrencilerin %31,1'i, son testte %13,8'i ve gecikmiş testte %24,1'i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. İyonik bağ oluşumu esnasında bağlanmayı oluşturan elektronların kaybolduğu yanlışını içeren "c" seçeneğinin, ön testte öğrencilerin %10,3'ü, son ve gecikmiş testlerde ise %6,9'u tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. İyonik bağ oluşumu esnasında bağ yapan elektronların her iki atom arasında bölündüğü yanlışını içeren "d" seçeneğinin ön, son ve gecikmiş testlerde doğru cevap olarak işaretlenme yüzdeleri ise sırasıyla %20,7, %3,5 ve %0'dır. Ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

Testteki beşinci soru, öğrencilerin kovalent bağla ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Bu soruda öğrencilerden kovalent bağın hangi atomlar arasında gerçekleştiğini verilen cevap seçenekleri arasından işaretlemeleri istenmektedir. Bu sorunun doğru cevabını, kovalent bağın ametaller arasında gerçekleştiği ifadesini içeren "c" seçeneği oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin beşinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Öğrenci Cevapları | | Ön Test | Son Test | Gecikmiş Test |
|-------------------|---|---------|----------|---------------|
| | | (N=29) | (N=29) | (N=29) |
| A | f | 14 | 5 | 4 |
| | % | 48,3 | 17,2 | 13,8 |
| B | f | 7 | 4 | 7 |
| | % | 24,1 | 13,8 | 24,1 |
| C* | f | 7 | 19 | 18 |
| | % | 24,1 | 65,5 | 62,1 |
| D | f | 1 | 1 | - |
| | % | 3,5 | 3,5 | - |
| Boş | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |

Tablo 22'den görüldüğü gibi; doğru cevabı içeren “c” seçeneği ön testte öğrencilerin %24,1'i, son testte %65,5'i ve gecikmiş testte %62,1'i tarafından işaretlenmiştir. Kovalent bağın iki metal atomu arasında gerçekleştiği yanlışını içeren “a” seçeneği, ön testte öğrencilerin %48,3'ü, son testte %17,2'si ve gecikmiş testte %13,8'i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Kovalent bağın metaller ile ametaller arasında gerçekleştiği yanlışını içeren “b” seçeneğini işaretleyen öğrencilerin yüzdeleri ön, son ve gecikmiş testlerde sırasıyla %24,1, %13,8 ve %24,1'dir. Kovalent bağın soy gazlar ile ametaller arasında meydana geldiği yanlışını içeren “d” seçeneğinin ise, ön ve son testlerde öğrencilerin %3,5'i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği tespit edilirken, gecikmiş testte bu seçenek hiçbir öğrenci tarafından doğru cevap olarak işaretlenmemiştir. Ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

Testin altıncı sorusu öğrencilerin iyonik bağla ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Bu soruda öğrencilerden, iyonik bağın hangi atomlar arasında gerçekleştiğini verilen cevap seçenekleri arasından işaretlemeleri istenmektedir. Bu sorunun doğru cevabını; iyonik bağın metaller ile ametaller arasında gerçekleştiği ifadesini içeren “b” seçeneği oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 23. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin altıncı sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 6. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 1 | - |
| % | | 3,5 | - | - |
| B* | f | 20 | 27 | 23 |
| | % | 69 | 93,1 | 79,3 |
| C | f | 3 | - | 1 |
| | % | 10,3 | - | 3,5 |
| D | f | 5 | 2 | 5 |
| | % | 17,2 | 6,9 | 17,2 |
| Boş | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |

Tablo 23'ten görüldüğü gibi, ön testte bu soruyu öğrencilerin %69'u doğru cevaplarırken, son testte %93,1'i ve gecikmiş testte ise %79,3'ü doğru cevaplamıştır. İyonik bağın ametal ve soygaz atomları arasında oluştuğu yanlışını ifadesini içeren "a" seçeneği, sadece ön testte öğrencilerin %3,5'i tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, son ve gecikmiş testlerde bu yanlışlığı içeren seçenek hiçbir öğrenci tarafından doğru cevap olarak işaretlenmemiştir. İyonik bağın metal atomları arasında gerçekleştiği yanlışını içeren "c" seçeneğini işaretleyen öğrencilerin yüzdeleri ön, son ve gecikmiş testlerde sırasıyla %10,3, %0 ve %3,5 olarak belirlenmiştir. İyonik bağın ametal atomları arasında oluştuğu ifadesini içeren ve aslında kovalent bağ için doğru olan "d" seçeneğinin ise, ön testte öğrencilerin %17,2'si, son testte %6,9'u ve gecikmiş testte %17,2'si tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği tespit edilmiştir. Ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

Testteki yedinci soru, öğrencilerin kovalent bağ türlerini ve farklı tür kovalent bağlarda bağ elektronlarının konumlarını ne düzeyde anladıklarını tespit etmeyi amaçlamaktadır. Polar kovalent bağlar elektronegatiflikleri farklı iki atom arasında meydana geldiklerinden, elektronların her iki atomdan birine daha yakın olduğu ifadesini içeren "c" seçeneği bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin yedinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçenklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Öğrenci Cevapları | | Ön Test | Son Test | Gecikmiş Test |
|-------------------|---|---------|----------|---------------|
| | | (N=29) | (N=29) | (N=29) |
| A | f | 13 | 5 | 9 |
| | % | 44,8 | 17,2 | 31 |
| B | f | 1 | - | - |
| | % | 3,5 | - | - |
| C* | f | 8 | 21 | 15 |
| | % | 27,6 | 72,4 | 51,7 |
| D | f | 7 | 2 | 4 |
| | % | 24,1 | 6,9 | 13,8 |
| Boş | f | - | 1 | 1 |
| | % | - | 3,5 | 3,5 |

Tablo 24'den görüldüğü gibi; ön testte bu soruya doğru cevap veren öğrencilerin yüzdesi %27,6 iken, bu oran son testte %72,4 ve gecikmiş testte %51,7 olmuştur. Polar kovalent bağlarda bağ yapan elektronların her iki atoma eşit uzaklıkta olduğu yanılığını içeren “a” seçeneği, ön testte öğrencilerin %44,8'i, son testte %17,2'si ve gecikmiş testte %31'i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Polar kovalent bağlarda bağ yapan elektronların iki atom arasında kaybolduğu ifadesini içeren “b” seçeneğinin, ön testte öğrencilerin %3,5'i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği belirlenirken, son ve gecikmiş testlerde bu seçenek hiçbir öğrenci tarafından doğru cevap olarak işaretlenmemiştir. Polar kovalent bağların oluşması esnasında bağ yapan atomların birinden diğerine elektron verildiği yanılığını içeren “d” seçeneğini işaretleyen öğrenci yüzdeleri ise, sırasıyla %24,1, %6,9 ve %13,8 olarak karşımıza çıkmaktadır. Ön testte bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci olmazken, son ve gecikmiş testlerde bu soru öğrencilerin %3,5'i tarafından boş bırakılmıştır.

Testin sekizinci sorusu öğrencilerin verilen bir molekülde yer alan atomlar arasındaki bağlanmanın türünü ve özelliklerini ne düzeyde belirleyebildiklerini araştırmaktadır. Bu soruda öğrencilere, onların günlük hayattan aşına oldukları ve sınıfta kovalent bağın açıklanması sırasında genellikle örnek olarak verilen su molekülündeki atomlar arasındaki bağlanma türü sorulmaktadır. Su molekülündeki atomlar arasında polar kovalent bağ olduğu ifadesini içeren “d” seçeneği bu sorunun doğru cevabıdır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçenklere göre dağılımı Tablo 25'de verilmiştir.

Tablo 25. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin sekizinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | | | |
| A | 3 | 3 | 2 |
| | 10,3 | 10,3 | 6,9 |
| B | 2 | - | 4 |
| | 6,9 | - | 13,8 |
| C | 19 | 8 | 10 |
| | 65,6 | 27,6 | 34,5 |
| D* | 5 | 18 | 13 |
| | 17,2 | 62,1 | 44,8 |
| Boş | - | - | - |
| | - | - | - |

Tablo 25'den görüldüğü gibi; ön testte bu soruya öğrencilerin %17,2'si doğru cevap verirken, son testte %62,1'i ve gecikmiş testte ise %44,8'i doğru cevap vermiştir. Su molekülündeki atomlar arasında oluşan bağın apolar kovalent bağ olduğu yanlışlığını içeren "a" seçeneğinin, ön ve son testlerde öğrencilerin %10,3'ü, gecikmiş testte ise öğrencilerin %6,9'u tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. Su molekülündeki atomlar arasında iyonik bağ olduğu yanlışlığını içeren "b" seçeneğini ön, son ve gecikmiş testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci yüzdeleri sırasıyla, %6,9, %0 ve %13,8 olarak belirlenmiştir. Su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı olduğu yanlışlığını içeren "c" seçeneğinin öğrenciler tarafından doğru cevap olarak işaretlenme yüzdelerine baktığımızda ise, bu yüzdeler ön, son ve gecikmiş testlerde sırasıyla %65,6, %27,6 ve %34,5 olarak karşımıza çıkmaktadır. Ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

Testin dokuzuncu sorusu öğrencilerin oktet kuralını anlama düzeylerini ölçmektedir. Bu soruda öğrencilere bir atomun kimyasal olarak kararlı olabilmesi için genellikle en dış enerji kabuğunda kaç elektrona sahip olması gerektiği sorulmakta ve öğrencilerden bunu verilen cevap seçenekleri arasından seçmeleri istenmektedir. Bir atomun kimyasal olarak en kararlı olabilmesi için genellikle en dış enerji kabuğunda 8 elektrona sahip olması gerektiği ifadesini içeren "d" seçeneği bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin dokuzuncu sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçenklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 9. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 3 | 1 |
| % | | 10,3 | 3,5 | 6,9 |
| B | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |
| C | f | 3 | 1 | 1 |
| | % | 10,3 | 3,5 | 3,5 |
| D* | f | 23 | 27 | 26 |
| | % | 79,4 | 93 | 89,6 |
| Boş | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |

Tablo 26'dan görüldüğü gibi; bu soru ön testte öğrencilerin %79,4'ü, son testte %93'ü ve gecikmiş testte ise %89,6'sı tarafından doğru cevaplanmıştır. Bir atomun kimyasal olarak en kararlı olabilmesi için genellikle en dış enerji kabuğunda 2 elektrona sahip olması gerektiği yanlışlığını içeren "a" seçeneği, ön testte öğrencilerin %10,3'ü, son testte %3,5'i ve gecikmiş testte %6,9' u tarafından doğru cevap olarak seçilmiştir. Bir atomun kararlı olabilmesi için en dış enerji kabuğunda 4 elektrona sahip olması gerektiği yanlışlığını içeren "b" seçeneğini ön, son ve gecikmiş testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci bulunmamaktadır. Bir atomun kararlı olabilmesi için en dış enerji kabuğunda 6 elektrona sahip olması gerektiği yanlışlığını içeren "c" seçeneği, ön testte öğrencilerin %10,3'ü, son ve gecikmiş testlerde ise %3,5'i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

Testin onuncu sorusu iyonik bağın yapısı ve özellikleriyle ilgili öğrenci anlamalarını araştırmaktadır. Bu test maddesinin soru kökünde iyonik bağın tanımı yer almakta ve öğrencilerden bu tanımın hangi bağlanma türüne ait olduğunu belirlemesi istenmektedir. Atomlardan birinin elektron verdiği ve diğerinin ise elektron aldığı zaman aralarında oluşan bağlanmanın iyonik bağ olduğu ifadesi "a" seçeneğinde yer almaktadır ve bu seçenek onuncu soru için doğru cevabı içeren seçenektir. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçenklere göre dağılımı Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 27. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin onuncu sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 10. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A* | f | 18 | 27 |
| % | | 62,1 | 93 | 86,1 |
| B | f | 8 | 1 | 2 |
| | % | 27,6 | 3,5 | 6,9 |
| C | f | - | - | 1 |
| | % | - | - | 3,5 |
| D | f | 3 | - | 1 |
| | % | 10,3 | - | 3,5 |
| Boş | f | - | 1 | - |
| | % | - | 3,5 | - |

Tablo 27'den görüldüğü gibi; "a" seçeneği ön testte öğrencilerin %62,1'i, son testte %93'ü ve gecikmiş testte %86,1'i tarafından işaretlenmiştir. Atomlardan birinin elektron aldığı, diğerinin ise verdiği bağlanma türünün kovalent bağ olduğu yanlışını içeren "b" seçeneği, ön testte öğrencilerin %27,6'sı tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, bu seçenek son testte öğrencilerin %3,5'i ve gecikmiş testte %6,9'u tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Atomlardan birinin elektron aldığı, diğerinin ise verdiği bağlanma türünün hidrojen bağı olduğunu ifade eden ve yanlış olan "c" seçeneğini ön ve son testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci bulunmazken, gecikmiş testte öğrencilerin %3,5'i bu seçeneği doğru cevap olarak seçmiştir. Soru kökünde verilen açıklamanın metalik bağı tanımladığını ifade eden ve yanlış olan "d" seçeneğini doğru cevap olarak seçen öğrencilerin yüzdeleri ise; ön, son ve gecikmiş testlerde sırasıyla %10,3, %0 ve %3,5 olarak tespit edilmiştir. Ön ve gecikmiş testlerde bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci olmazken, son testte bu soru öğrencilerin %3,5'i tarafından boş bırakılmıştır.

Testteki on birinci soru öğrencilerin kimyasal bağların nasıl gerçekleştiğini ve bağlanma türlerini ne düzeyde anladıklarını araştırmaktadır. Soru kökü içerisinde öğrencinin tamamlaması gereken bir boşluk bulunmaktadır ve öğrenciden bu boşluğa gelebilecek en doğru ifadeyi verilen cevap seçenekleri arasından seçmesi istenmektedir. Soru kökü içerisinde, bağlanmayı yapacak atomların özelliklerine göre değişen iki bağ türünden birinin elektron alışverişi sayesinde gerçekleştiği bilgisi öğrenciye verilmekte ve onlardan bağlanmanın diğer türünün nasıl oluştuğunu belirlemeleri istenmektedir. Diğer kimyasal bağ türünün atomlar arasında elektronların paylaşımı sayesinde gerçekleştiğini ifade eden "b" seçeneği bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve

gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin on birinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 11. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 7 | 2 |
| % | | 24,1 | 6,9 | 10,3 |
| B* | f | 17 | 25 | 23 |
| | % | 58,7 | 86,1 | 79,3 |
| C | f | 5 | 1 | - |
| | % | 17,2 | 3,5 | - |
| D | f | - | - | 1 |
| | % | - | - | 3,5 |
| Boş | f | - | 1 | 2 |
| | % | - | 3,5 | 6,9 |

Tablo 28’den görüldüğü gibi; ön, son ve gecikmiş testlerde bu seçeneği işaretleyen öğrencilerin yüzdeleri sırasıyla %58,7, %86,1 ve %79,3 olarak belirlenmiştir. Diğer bağ türünün elektronların bağ yapan atomlar arasında bölünmesiyle oluştuğunu ifade eden “a” seçeneği, ön testte öğrencilerin %24,1’i, son testte %6,9’u ve gecikmiş testte %10,3’ü tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Elektron alışverişi haricinde gerçekleşen diğer bağ türünün; bağ yapan atomların elektronlarının birbiriyle bütünleşmesi şeklinde oluştuğunu ifade eden “c” seçeneği, ön testte öğrencilerin %17,2’si ve son testte %3,5’i tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, gecikmiş testte bu seçenek hiçbir öğrenci tarafından doğru cevap olarak işaretlenmemiştir. Diğer bağ türünün oluşması esnasında elektronların bağ yapan atomlar arasında kaybolduğu yamılgısını içeren “d” seçeneğini ön ve son testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci bulunmazken, gecikmiş testte öğrencilerin %3,5’i bu seçeneği doğru cevap olarak işaretlemiştir. Ön testte bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci olmazken, son testte öğrencilerin %3,5’i ve gecikmiş testte ise %6,9’u bu soruyu boş bırakmıştır.

On ikinci soru öğrencilerin kimyasal bağ türleri, bu bağ türlerini oluşturacak atomların sahip olması gereken özellikler ve molekül şekilleri ile ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Bu soru, öğrencilerden farklı tür atomların aralarında oluşabilecek bağlanma türünü ve oluşan molekülün özelliklerini belirlemelerinin istenmesi durumunda, sahip oldukları bilgileri ne düzeyde uygulayabildiklerini araştırmak için geliştirilmiştir.

Soruda öğrencilere atom numaralarıyla birlikte beş farklı atom verilmiş, bu atomların birbirleriyle oluşturdukları bağlanma türleri ve oluşturdukları moleküllerin özellikleriyle ilgili cevap seçeneklerinde yer alan ifadelerden hangisinin yanlış olduğunu belirlemeleri istenmiştir. Atom numarası 15 olan G atomu ile atom numarası 9 olan Y atomunun oluşturduğu GY_3 moleküllerinin düzlem üçgen biçiminde olduğu ifadesini içeren “d” seçeneği sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 29’de verilmiştir.

Tablo 29. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin on ikinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 12. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 6 | 3 |
| % | | 20,7 | 10,3 | 13,8 |
| B | f | 3 | 2 | 2 |
| | % | 10,3 | 6,9 | 6,9 |
| C | f | 5 | 3 | 4 |
| | % | 17,2 | 10,3 | 13,8 |
| D* | f | 9 | 17 | 16 |
| | % | 31,1 | 58,7 | 55,2 |
| Boş | f | 6 | 4 | 3 |
| | % | 20,7 | 13,8 | 10,3 |

Tablo 29’den görüldüğü gibi; ön testte bu soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin yüzdesi %31,1 olarak belirlenirken, son testte %58,7 ve gecikmiş testte %55,2 olarak tespit edilmiştir. Atom numarası 10 olan Z atomunun tabiatta tek atomlu halde bulunduğunu ifade eden “a” seçeneğinin yanlış olduğunu düşünen ve bu seçeneği işaretleyen öğrencilerin yüzdelere baktığımızda, bu yüzde oranlarının ön, son ve gecikmiş testlerde sırasıyla %20,7, %10,3 ve %13,8 olduğu ortaya çıkmıştır. Atom numarası 8 olan X atomu ile atom numarası 9 olan Y atomunun oluşturduğu XY_2 bileşiğinin moleküllerinde iki kovalent bağ olduğu ifadesini içeren “b” seçeneğinin, ön testte öğrencilerin %10,3’ü, son ve gecikmiş testlerde ise %6,9’u tarafından yanlış bilgiyi içeren seçenek olarak düşünüldüğü ve sorunun doğru cevabı olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. Atom numarası 12 olan E atomu ile atom numarası 9 olan Y atomunun oluşturduğu EY_2 bileşiğinin sudaki çözeltilsinin elektrik akımını iletceği ifadesini içeren “c” seçeneğinin yanlış olduğunu düşünerek ön, son ve gecikmiş testlerde bu seçeneği doğru cevap olarak işaretleyen öğrencilerin yüzdeleri ise sırasıyla %17,2, %10,3 ve %13,8 olduğu tespit edilmiştir. Bu

soru ön testte öğrencilerin %20,7'si, son testte %13,8'i ve gecikmiş testte ise %10,3'ü tarafından boş bırakılmıştır.

On üçüncü soru öğrencilerin moleküller arası kuvvetlerle ilgili anlamalarını araştırmayı amaçlayan bir sorudur. Soru kökü içerisinde moleküller arası kuvvetlerin türleri ve onların özellikleriyle ilgili üç ifade verilmiştir. Öğrencilerden, bu verilen bilgileri dikkate alarak, soruda verilen bileşikler içerisinde kaynama noktası en yüksek ve en düşük olanlarını belirlemeleri istenmektedir. Soru kökünde verilen bilgiler dikkate alındığında; H₂O, HF, HCl, HI ve CH₄ molekülleri arasında kaynama noktası en yüksek olan bileşik H₂O, en düşük olan ise CH₄'dür. Bu sıralama "a" seçeneğinde yer almaktadır ve sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on üçüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 13. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A* | f | 11 | 16 |
| % | | 37,9 | 55,2 | 51,7 |
| B | f | 5 | 3 | 6 |
| | % | 17,2 | 10,3 | 20,7 |
| C | f | 4 | 3 | 4 |
| | % | 13,8 | 10,3 | 13,8 |
| D | f | 8 | 6 | 4 |
| | % | 27,6 | 20,7 | 13,8 |
| Boş | f | 1 | 1 | - |
| | % | 3,5 | 3,5 | - |

Tablo 30'dan görüldüğü gibi; "a" seçeneğini işaretleyen öğrencilerin yüzdesi ön testte %37,9, son testte %55,2 ve gecikmiş testte %51,7 olarak belirlenmiştir. Verilen moleküller arasında kaynama noktası en yüksek molekülün H₂O molekülü, kaynama noktası en düşük olanının ise HF molekülü olduğunu ifade eden ve yanlış olan "b" seçeneği, ön testte öğrencilerin %17,2'si, son testte %10,3'ü ve gecikmiş testte %20,7'si tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Verilen moleküller arasından HI moleküllerinin en yüksek, HF moleküllerinin ise en düşük kaynama noktasına sahip olduğunu ifade eden ve yanlış olan "c" seçeneği ön testte ve gecikmiş testlerde öğrencilerin %13,8'i tarafından doğru cevap olarak seçilirken, son testte öğrencilerin %10,3'ü tarafından doğru cevap olarak seçilmiştir. Verilen moleküller arasında kaynama

noktası en yüksek ve en düşük moleküllerin sırasıyla HI ve CH₄ olduğunu ifade eden ve yanlış olan “d” seçeneğinin ise, ön testte öğrencilerin %27,6’sı, son testte %20,7’si ve gecikmiş testte ise %13,8’i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. Bu soru ön ve son testlerde öğrencilerin %3,5’i tarafından boş bırakılırken, gecikmiş testte bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

Tablo 31. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin on dördüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 14. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 6 | 2 |
| % | | 20,7 | 6,9 | - |
| B | f | 6 | 2 | 7 |
| | % | 20,7 | 6,9 | 24,1 |
| C* | f | 7 | 20 | 18 |
| | % | 24,1 | 69 | 62,1 |
| D | f | 6 | 2 | 2 |
| | % | 20,7 | 6,9 | 6,9 |
| Boş | f | 4 | 3 | 2 |
| | % | 13,8 | 10,3 | 6,9 |

Testin on dördüncü sorusu, öğrencilerin polar kovalent bağda elektronların bağ yapan atomlar arasındaki konumu ve bunu etkileyen faktörlerle ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Öğrencilere atomları arasında polar kovalent bağın olduğu bir molekül örneği verilerek, onlardan bu molekülde elektronların pozisyonu için cevap seçeneklerinde verilen ifadelerden hangisinin doğru olduğunu seçmeleri istenmiştir. HF molekülünde florun daha elektronegatif olması nedeniyle bağ elektronlarını daha fazla çektiği ve bu nedenle bağ elektronlarının flor atomuna daha yakın olduğu ifadesini içeren “c” seçeneği sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31’den görüldüğü gibi; bu soruya ön testte öğrencilerin %24,1’i doğru cevap verirken, son testte %69’u ve gecikmiş testte %62,1’i doğru cevap vermişlerdir. HF molekülünde bağlanmaya katılmayan elektronların bağ yapan elektronların pozisyonunu etkileyeceği yanılığını içeren “a” seçeneği, ön testte öğrencilerin %20,7’si tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, son testte %6,9’u tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Gecikmiş testte bu seçeneği doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci bulunmamaktadır. Hidrojen ve flor atomları arasında bir kovalent bağ oluştuğu için

elektron çiftinin merkezde yerleşeceği yanlışlığını içeren “b” seçeneğinin ön testte öğrencilerin %20,7’si, son testte %6,9’u ve gecikmiş testte %24,1’i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. HF molekülünde, flor atomlarının hidrojenden daha büyük olması nedeniyle bağ elektronları üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu yanlışlığını içeren “d” seçeneğinin ise ön testte öğrencilerin %20,7’si, son ve gecikmiş testlerde ise %6,9’u tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği tespit edilmiştir. Bu soru ön testte öğrencilerin %13,8’i, son testte %10,3’ü ve gecikmiş testte ise %6,9’u tarafından boş bırakılmıştır.

Tablo 32. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin on beşinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 15. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A* | f | 19 | 26 |
| % | | 65,5 | 89,6 | 93 |
| B | f | 4 | 2 | 1 |
| | % | 13,8 | 6,9 | 3,5 |
| C | f | 1 | - | - |
| | % | 3,5 | - | - |
| D | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |
| Boş | f | 5 | 1 | 1 |
| | % | 17,2 | 3,5 | 3,5 |

Testin on beşinci sorusu; öğrencilerin oktet kuralıyla ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Öğrencilerden, oktet kuralının verilen cevap seçeneklerinin hangisinde doğru olarak ifade edildiğini belirlemeleri istenmektedir. Oktet kuralı; atomların elektronlarını başka atomlar ile paylaşarak kovalent bağlar oluşturduklarını ve bu şekilde son elektron kabuklarını sekize tamamladıklarını ifade etmektedir. Oktet kuralının tam açıklamasını içeren bu ifade “a” seçeneğinde yer almakta ve bu seçenek sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32’den görüldüğü gibi; “a” seçeneği ön testte öğrencilerin %65,5’i, son testte %89,6’sı ve gecikmiş testte %93’ü tarafından işaretlenmiştir. Oktet kuralının bir atomun yapacağı bağ sayısını belirlemede kullanıldığı ve oktet kuralına göre bir atomun yapacağı bağ sayısının o atomun en dış kabuğundaki elektron sayısına eşit olduğu yanlışlığını içeren “b” seçeneği ön testte öğrencilerin %13,8’i, son testte %6,9’u ve gecikmiş testte %3,5’i

tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Oktet kuralının bir molekülün şeklini belirlemede kullanıldığı ve oktet kuralına göre molekülün şeklinin paylaşılan elektronların sayısına bağlı olduğu yanlışlığını içeren “c” seçeneğini ön testte öğrencilerin %3,5’i doğru cevap olarak seçerken, son ve gecikmiş testlerde bu seçeneği doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci bulunmamaktadır. “Oktet kuralı; bir molekülün şeklinin yalnızca bağ yapmayan elektron çiftlerinin sayısına bağlı olduğunu ifade eder” yanlışlığını içeren “d” seçeneğini ise ön, son ve gecikmiş testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci bulunmamaktadır. Bu soru ön testte öğrencilerin %17,2’si, son ve gecikmiş testlerde ise %3,5’i tarafından boş bırakılmıştır.

On altıncı soru, öğrencilerin moleküller arası kuvvetler ile ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Bu soruda, doğru veya yanlış verilen bazı özellikler moleküller arası kuvvetler ile ilişkilendirilmiştir. Öğrencilerden, verilen ifadeler arasından moleküller arası kuvvetler için doğru olan ifadeyi seçmeleri istenmektedir. Ayrıca bu soru ile öğrencilerin moleküller arası kuvvetler ile molekül içi bağları birbirinden ayırt edip edemedikleri de tespit edilmeye çalışılmaktadır. “Bir maddenin molekülleri arasındaki kuvvetler ne kadar güçlü ise kaynama noktası o kadar yüksek olur” ifadesini içeren “c” seçeneği bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 33’de verilmiştir.

Tablo 33. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin on altıncı sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 16. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f % | 2 6,9 | - - |
| B | f % | 6 20,7 | 4 13,8 | 3 10,3 |
| C* | f % | 15 51,7 | 21 72,4 | 18 62,1 |
| D | f % | 6 20,7 | 3 10,3 | 6 20,7 |
| Boş | f % | - - | 1 3,5 | 2 6,9 |

Tablo 33’den görüldüğü gibi, ön testte bu seçeneği doğru cevap olarak işaretleyen öğrencilerin yüzdesi %51,7 olarak belirlenirken, son teste %72,4 ve gecikmiş testte %62,1 olarak belirlenmiştir. Moleküller arası kuvvetlerin moleküller içerisindeki kuvvetler olduğu

yanılgısını içeren “a” seçeneği ön testte öğrencilerin %6,9’u tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, son ve gecikmiş testlerde bu seçeneği işaretleyen öğrenci olmamıştır. Bir maddenin hal değiştirmesi esnasında moleküller içerisindeki bağların kırılacağı yanılgısını içeren “b” seçeneği ön testte öğrencilerin %20,7’si, son testte %13,8’i ve gecikmiş testte %10,3’ü tarafından doğru cevap olarak seçilmiştir. Bir su molekülünde hidrojen ve oksijen atomlarını bir arada tutan bağın hidrojen bağı olduğu yanılgısını içeren “d” seçeneğinin ise ön testte öğrencilerin %20,7’si, son testte %10,3’ü ve gecikmiş testte %20,7’si tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği tespit edilmiştir. Ön testte bu soruyu boş bırakan öğrenci olmazken, son testte öğrencilerin %3,5’i ve gecikmiş testte ise %6,9’u soruyu cevapsız bırakmıştır.

Testteki on yedinci soru, öğrencilerin su molekülünün yapısı ve özellikleriyle ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Bu soruda öğrencilerden; günlük hayattan aşına oldukları, sınıfta kovalent bağın veya moleküller arası kuvvetlerin açıklanması sırasında genellikle örnek olarak verilen, kimyasal bağlar konusunun öğretimi sırasında molekülleri içerisindeki ve molekülleri arasındaki bağlanmalardan mutlaka bahsedilen su molekülleri için, cevap seçenekleri içerisinde verilen ifadelerden doğru olanını belirlemeleri istenmiştir. Ayrıca bu soruyla öğrencilerin bağlanma türleri hakkındaki bilgileri, molekül içi bağları ve moleküller arası kuvvetleri ayırt edebilme yetenekleri ve moleküllerin özellikleriyle ilgili anlamaları da araştırılmaktadır. Su moleküllerinin açısız bir molekül şekline sahip olduğu ifadesinin yer aldığı “a” seçeneği, sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 34’de verilmiştir.

Tablo 34. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin on yedinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 17. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A* | f | 3 | 20 |
| % | | 10,3 | 69 | 55,2 |
| B | f | 6 | 4 | 4 |
| | % | 20,7 | 13,8 | 13,8 |
| C | f | 3 | - | - |
| | % | 10,3 | - | - |
| D | f | 17 | 5 | 9 |
| | % | 58,7 | 17,2 | 31 |
| Boş | f | - | - | - |
| | % | - | - | - |

Tablo 34'den görüldüğü gibi; ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin yüzdeleri sırasıyla %10,3, %69 ve %55,2 olarak tespit edilmiştir. Su moleküllerinin üç boyutlu yapısının sıcaklıkla değiştiği yanlıgısını içeren “b” seçeneği ön testte öğrencilerin 20,7'si tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, son ve gecikmiş testlerde öğrencilerin %13,8'i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Su moleküllerinin doğrusal bir molekül şekline sahip olduğu yanlıgısını içeren “c” seçeneği ön testte öğrencilerin %10,3'ü tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, son ve gecikmiş testlerde bu seçeneği işaretleyen öğrenci bulunmamaktadır. “Su moleküllerinin üç boyutlu yapısının, içerisinde bulunduğu kabın şekline göre değişeceği” yanlıgısını içeren “d” seçeneğinin; ön testte öğrencilerin %58,7'si, son testte %17,2'si ve gecikmiş testte %31'i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği belirlenmiştir. Ön, son ve gecikmiş testlerde bu soruyu boş bırakan öğrenci bulunmamaktadır.

Testteki on sekizinci soru, öğrencilerin metalik bağla ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Ayrıca bu soru ile, öğrencilerin metalik bağın özelliklerini diğer bağ türlerinin özelliklerinden ne derece ayırt edebildikleri de araştırılmaktadır. Bu soruda öğrencilerden, metalik bağların oluşumu için cevap seçenekleri içerisinde verilen ifadelerden doğru olanını belirlemeleri istenmektedir. Metalik bağın; yan yana bulunan metal atomu çekirdeklerinin birbirlerinin elektronlarını çekmeleriyle oluştuğu ifadesinin yer aldığı “c” seçeneği bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 35'de verilmiştir.

Tablo 35. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on sekizinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 18. maddesi | Öğrenci Cevapları | | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 12 | 5 | 5 |
| | % | 41,4 | 17,2 | 17,2 | |
| B | f | 6 | 3 | 4 | |
| | % | 20,7 | 10,3 | 13,8 | |
| C* | f | 7 | 20 | 18 | |
| | % | 24,1 | 69 | 62,1 | |
| D | f | 2 | - | - | |
| | % | 6,9 | - | - | |
| Boş | f | 2 | 1 | 2 | |
| | % | 6,9 | 3,5 | 6,9 | |

Tablo 35’den görüldüğü gibi; “c” seçeneğini işaretleyen öğrencilerin ön, son ve gecikmiş testlerdeki yüzdeleri sırasıyla %24,1, %69 ve %62,1 olarak belirlenmiştir. Metalik bağın; metal atomlarının arasındaki elektron alışverişi sayesinde gerçekleştiği yanlışlığını içeren “a” seçeneği ön testte öğrencilerin %41,4’ü tarafından doğru cevap olarak seçilirken, bu seçenek son ve gecikmiş testte öğrencilerin %17,2’si tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Metalik bağın, metal atomları arasında elektron ortaklaşmasıyla oluştuğu yanlışlığını içeren “b” seçeneğini ön son ve gecikmiş testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrencilerin yüzdeleri sırasıyla %20,7, %10,3 ve %13,8 olarak tespit edilmiştir. Metalik bağın metal atomları arasında Van der Waals çekim kuvvetleriyle oluştuğu yanlışlığını içeren “d” seçeneğini ön testte öğrencilerin %6,9’u doğru cevap olarak işaretlerken, son ve gecikmiş testlerde bu seçeneği işaretleyen öğrenci olmamıştır. Bu soru ön ve gecikmiş testlerde öğrencilerin %6,9’u tarafından boş bırakılırken, son testte öğrencilerin %3,5’i tarafından boş bırakılmıştır.

On dokuzuncu soru, iyonik bağın ve iyonik bileşiklerin özellikleriyle ilgili öğrenci anlamalarını araştırmaktadır. Bu soruda öğrencilere, onların günlük hayattan aşına oldukları ve iyonik bağın açıklanması sırasında yapısından ve özelliklerinden genellikle bahsedilen NaCl molekülündeki sodyum ve klor atomlarının dizilişini gösteren iki boyutlu bir diyagram verilmiştir. Diyagramın hemen altında, diyagramla ilgili doğru veya yanlış bazı önermeler verilerek, öğrencilerden bu önermelerden doğru olanlarını seçmeleri istenmiştir. İyonik bağla ve gösterilen diyagramla ilgili verilen beş önerme arasından doğru önermeleri içeren seçenek “d” seçeneğidir. Bu seçenek; diyagramdaki her bir sodyum ya da klor iyonunun etrafındaki diğer klor ya da sodyum iyonlarıyla iyonik bağlı olduğu ifadesini (3. önerme) ve sodyum ve klor iyonları arasında bağ oluşmasının nedeninin zıt yüklü olmalarından kaynaklandığı ifadesini (4. önerme) içeren seçenektir. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 36’da verilmiştir.

Tablo 36. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin on dokuzuncu sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Öğrenci Cevapları | | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|-------------------|---|----------------|-----------------|----------------------|
| | | f | 12 | 3 |
| A | % | 41,4 | 10,3 | 17,2 |
| B | f | 3 | - | 1 |
| | % | 10,3 | - | 3,5 |
| C | f | 4 | - | 2 |
| | % | 13,8 | - | 6,9 |
| D* | f | 10 | 23 | 19 |
| | % | 34,5 | 79,4 | 65,5 |
| Boş | f | - | 3 | 2 |
| | % | - | 10,3 | 6,9 |

Tablo 36'dan görüldüğü gibi; doğru olan “d” seçeneği ön testte öğrencilerin %34,5'i, son testte %79,4'ü ve gecikmiş testte %65,5'i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Diyagramda on iki sodyum klorür molekülünün ve on iki iyonik bağın olduğu ifadesini (1. önerme) ve diyagramdaki her bir klor iyonunun yalnızca bir sodyum iyonu tarafından iyonik bağla çekildiği, diğer sodyum atomları tarafından yapılan çekimlerin ise sadece moleküller arası kuvvetler olduğu ifadesini (2. önerme) içeren “a” seçeneği ön testte öğrencilerin %41,4'ü, son testte %10,3'ü ve gecikmiş testte %17,2'si tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Daha önce ifade edilen 2. önermeyi ve diyagram üzerinde bir iyonik bağın yerinin, hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığı bilinmediği sürece belirlenemeyeceği ifadesini (5. önerme) içeren “b” seçeneğini ön, son ve gecikmiş testlerde doğru cevap olarak işaretleyen öğrencilerin yüzdeleri sırasıyla %10,3, %0 ve %3,5 olarak belirlenmiştir. Yukarıda ifade edilen 4. ve 5. önermeyi içeren “c” seçeneğinin, ön testte öğrencilerin %13,8'inin ve gecikmiş testte %6,9'unun doğru cevap olarak işaretlediği ortaya çıkmıştır. Son testte ise bu seçeneği doğru cevap olarak işaretleyen öğrenci olmamıştır. Ön testte bu soruyu cevapsız bırakan öğrenci olmazken, son testte öğrencilerin %10,3'ü ve gecikmiş testte 6,9'u tarafından boş bırakılmıştır.

Yirminci soru, öğrencilerin moleküller arası kuvvetlerden biri olan dipol-dipol etkileşimleriyle ilgili anlama düzeylerini ölçmektedir. Bu soruda öğrencilerden, dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili olarak cevap seçenekleri içerisinde verilen ifadelerden doğru olanını belirlemeleri istenmektedir. Dipol- dipol etkileşimlerinin; atomları arasında kovalent bağ bulunan HCl, HF, NH₃ gibi kutuplu moleküller arasında oluşan elektriksel çekim

kuvvetleri olduğu ifadesini içeren “d” seçeneği bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin yirminci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 20. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 2 | 4 |
| % | | 6,9 | 13,8 | 13,8 |
| B | f | 8 | 3 | 1 |
| | % | 27,6 | 10,3 | 3,5 |
| C | f | 6 | 3 | 5 |
| | % | 20,7 | 10,3 | 17,2 |
| D* | f | 6 | 17 | 16 |
| | % | 20,7 | 58,7 | 55,2 |
| Boş | f | 7 | 2 | 3 |
| | % | 24,1 | 6,9 | 10,3 |

Tablo 37’den görüldüğü gibi; “d” seçeneği ön testte öğrencilerin %20,7’si, son testte %58,7’si ve gecikmiş testte 55,2’si tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Molekülleri arasında dipol–dipol etkileşimi olan bileşiklerin, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olan bileşiklerden daha düşük sıcaklıklarda kaynadığı yanılığını içeren “a” seçeneği ön testte öğrencilerin %6,9’u, son ve gecikmiş testlerde ise öğrencilerin %13,8’i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Dipol- dipol etkileşimlerinin; He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soy gaz atomlarının simetriterinin bir anlık bozulması sonucu etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluştuğu yanılığını içeren “b” seçeneği, ön son ve gecikmiş testlerde sırasıyla öğrencilerin %27,6’i, %10,3’ü ve %3,5’i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Dipol- dipol etkileşimlerinin Van der Waals etkileşimlerinden daha zayıf olduğu yanılığını içeren “c” seçeneği ise, ön testte öğrencilerin %20,7’si, son testte %10,3’ü ve gecikmiş testte %17,2’si tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Bu soru ön testte öğrencilerin %24,1’i, son testte %6,9’u ve gecikmiş testte ise %10,3’ü tarafından boş bırakılmıştır.

Testin yirmi birinci sorusu, öğrencilerin molekül içi bağlar ile moleküller arası kuvvetleri ne derece ayırt edebildiklerini ölçmektedir. Bu soruda öğrencilerden, molekül içi kuvvetler ile moleküller arası kuvvetleri hem birbirleri ile hem de kendi aralarında kuvvetleri bakımından karşılaştırmaları istenmektedir. Bu soruda öğrencilere kuvvetlerine

göre büyükten küçüğe sıralamaları gereken bağ türleri verilmiş ve doğru sıralamayı içeren seçeneği belirlemeleri istenmiştir. İyonik bağın en kuvvetli bağ olduğu, kovalent bağın kuvvet bakımından ikinci sırada olduğu, verilen bağ türleri arasında diğerlerinin moleküller arası bağ olması nedeniyle kuvvetleri bakımından bunlardan sonra geldiği ve bunlar arasında da hidrojen bağının Van der Waals bağlarından daha kuvvetli olduğu sıralamasını içeren “c” seçeneği bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 38’de verilmiştir.

Tablo 38. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin yirmi birinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 21. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 8 | 3 |
| % | | 27,6 | 10,3 | 10,3 |
| B | f | 7 | 3 | 3 |
| | % | 24,1 | 10,3 | 10,3 |
| C* | f | 6 | 20 | 20 |
| | % | 20,7 | 69 | 69 |
| D | f | 6 | 2 | 2 |
| | % | 20,7 | 6,9 | 6,9 |
| Boş | f | 2 | 1 | 1 |
| | % | 6,9 | 3,5 | 3,5 |

Tablo 38’den görüldüğü gibi; ön testte öğrencilerin %20,7’si, son ve gecikmiş testlerde ise öğrencilerin %69’u soruyu doğru cevaplamıştır. Hidrojen bağlarının en kuvvetli bağ olduğu, iyonik bağın ikinci sırada geldiği, kovalent bağların kuvvetinin bunlardan daha düşük olduğu ve en zayıf olanının ise Van der Waals bağları olduğu sıralamasını içeren ve yanlış olan “a” seçeneği ön testte öğrencilerin %27,6’sı tarafından doğru cevap olarak seçilirken, son ve gecikmiş testlerde öğrencilerin %10,3’ü tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Sıralamanın en kuvvetliden zayıfa doğru; kovalent bağ, iyonik bağ, hidrojen bağı ve Van der Waals bağı şeklinde olduğunu ifade eden ve yanlış olan “b” seçeneği ön testte öğrencilerin %24,1’i tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, son ve gecikmiş testlerde öğrencilerin %10,3’ü tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Sıralamanın en kuvvetliden zayıfa doğru; iyonik bağ, kovalent bağ, Van der Waals bağı ve hidrojen bağı şeklinde olduğunu ifade eden ve yanlış olan “d” seçeneği ise ön testte öğrencilerin %20,7’si tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken,

son ve gecikmiş testlerde öğrencilerin %6,9'u tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Bu soru ön testte öğrencilerin %6,9'u tarafından boş bırakılırken, son ve gecikmiş testlerde öğrencilerin %3,5'i tarafından boş bırakılmıştır.

Testteki yirmi ikinci soru, moleküller arası kuvvetlerden biri olan Van der Waals kuvvetleri ile ilgilidir. Öğrencilerin Van der Waals kuvvetlerinin yapısı ve özellikleriyle ilgili anlamalarını ölçen bu soru ayrıca, öğrencilerin Van der Waals kuvvetlerini diğer bağlardan ne derece ayırt edebildiklerini de araştırmaktadır. Öğrencilerden, Van der Waals kuvvetleri için cevap seçeneklerinde verilen ifadelerden doğru olanı seçmelerinin istendiği bu sorunun doğru cevabı “b” seçeneğidir. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 39’de verilmiştir.

Tablo 39. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin yirmi ikinci sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 22. maddesi | Öğrenci Cevapları | | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|---|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | | 5 | 4 |
| % | | | 17,2 | 13,8 | 3,5 |
| B* | f | | 3 | 14 | 12 |
| | % | | 10,3 | 48,3 | 41,4 |
| C | f | | 9 | 4 | 6 |
| | % | | 31,1 | 13,8 | 20,7 |
| D | f | | 6 | 3 | 3 |
| | % | | 20,7 | 10,3 | 10,3 |
| Boş | f | | 6 | 4 | 7 |
| | % | | 20,7 | 13,8 | 24,1 |

Tablo 39’den görüldüğü gibi, CH₄ moleküllerini bir arada tutan kuvvetlerin Van der Waals kuvvetleri olduğu ifadesini içeren “b” seçeneği ön testte öğrencilerin %10,3’ü tarafından doğru cevap olarak seçilirken, son testte %48,3’ü ve gecikmiş testte %41,4’ü tarafından doğru cevap olarak seçilmiştir. Van der Waals bağlarının H₂, O₂, Cl₂ gibi apolar moleküllerdeki atomlar arası bağ olduğu yanlışlığını içeren “a” seçeneği ön testte öğrencilerin %17,2’si, son testte %13,8’i ve gecikmiş testte %3,5’i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Van der Waals bağlarının yalnızca He, Ar, Ne gibi soy gaz atomları arasında bulunduğu yanlışlığını içeren “c” seçeneği ön testte öğrencilerin %31,1’i, son testte %13,8’i ve gecikmiş testte %20,7’si tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Van der Waals bağlarının kuvvetinin moleküllerin büyüklüğüne bağlı ancak molekülün şekline bağlı olmadığı yanlışlığını içeren “d” seçeneği ön testte öğrencilerin %20,7’si, son

ve gecikmiş testlerde ise %10,3'ü tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Bu soru ön testte öğrencilerin %20,7'si, son testte %13,8'i ve gecikmiş testte ise %24,1'i tarafından boş bırakılmıştır.

Tablo 40. Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin yirmi üçüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Testin 23. maddesi | Öğrenci Cevapları | Ön Test (N=29) | Son Test (N=29) | Gecikmiş Test (N=29) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| | A | f | 6 | 2 |
| % | | 20,7 | 6,9 | 10,3 |
| B* | f | 11 | 21 | 19 |
| | % | 37,9 | 72,4 | 65,5 |
| C | f | 6 | 3 | 4 |
| | % | 20,7 | 10,3 | 13,8 |
| D | f | 2 | 1 | 1 |
| | % | 6,9 | 3,5 | 3,5 |
| Boş | f | 4 | 2 | 2 |
| | % | 13,8 | 6,9 | 6,9 |

Testin yirmi üçüncü maddesi bağ türleriyle ilgilidir. Bu soruda öğrencilere atom numaraları ile birlikte üç atom verilmiş ve onlardan bu atomların oluşturabilecekleri bileşiklerin formüllerini ve bu bileşiklerdeki bağ türlerini doğru olarak içeren seçeneği belirlemeleri istenmiştir. Bu soruyu doğru cevaplayabilecek öğrencilerin, bağ türlerinin özelliklerini, hangi atomların bağ yapabileceğini, kimyasal bağ türlerini, bu bağ türlerinin hangi özelliklere sahip atomlar arasında gerçekleşeceğini, polar-apolar kavramlarını ve atomların değerlik elektronlarının nasıl bulunacağını bilmeleri gerekmektedir. Bu sorunun doğru cevabı; atom numarası 12 olan X atomu ile atom numarası 17 olan Z atomu arasında oluşan bileşiğin XZ_2 olduğu ve atomlar arasında oluşan bağın ise iyonik bağ olduğu bilgilerini içeren “b” seçeneğidir. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 40'da verilmiştir.

Tablo 40'dan görüldüğü gibi; doğru ilişkilendirmeyi içeren “b” seçeneği ön testte öğrencilerin %37,9'u, son testte 72,4'ü ve gecikmiş testte %65,5'i tarafından işaretlenmiştir. Atom numarası 12 olan X atomu ile atom numarası 16 olan Y atomunun oluşturduğu bileşiğin XY olduğu ve bu molekülde atomlar arasında apolar kovalent bağ olduğu önermesini içeren ve yanlış olan “a” seçeneği ön testte öğrencilerin %20,7'si, son testte %6,9'u ve gecikmiş testte %10,3'ü tarafından doğru cevap olarak seçilmiştir. Atom

numarası 17 olan Z atomunun yaptığı Z_2 bileşiğindeki bağ türünün metalik bağ olduğu ilişkilendirmesini içeren “c” seçeneğinin ön testte öğrencilerin %20,7’si, son testte %10,3’ü ve gecikmiş testte 13,8’i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği tespit edilmiştir. Atom numarası 16 olan Y atomu ile atom numarası 17 olan Z atomunun oluşturduğu bileşiğin YZ_2 olduğu ve bu molekülde atomlar arasındaki bağ türünün iyonik bağ olduğu yanlış önermesini içeren “d” seçeneğinin ise ön testte öğrencilerin %6,9’u, son ve gecikmiş testlerde ise %3,5’i tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği tespit edilmiştir. Bu soru ön testte öğrencilerin %13,8’i, son ve gecikmiş testlerde ise öğrencilerin %6,9’u tarafından boş bırakılmıştır.

Testteki yirmi dördüncü sorusu, öğrencilerin elmas ve grafitin elektrik iletkenlikleri arasındaki farkın onların yapılarındaki hangi farktan dolayı kaynaklandığı konusundaki anlamalarını araştırmaktadır. Soruda öğrencilerden, cevap seçeneklerinde verilen farklı özelliklerden hangisinin bu iletkenlik farkının asıl nedeni olduğunu belirlemeleri istenmektedir. Grafitin elektriği iletmesinin, elmasın ise elektriği iletmemesinin sebebinin; grafitteki bir karbon atomunun son kabuk elektronlarının sadece dörtte üçünün bağlanmaya dahil olmasına karşılık elmastaki bir karbon atomunun tüm elektronlarının bağ yapması olduğu doğru ifadesini içeren “c” seçeneği bu sorunun doğru cevabını oluşturmaktadır. Bu soruya ön, son ve gecikmiş testlerde verilen öğrenci cevaplarının seçeneklere göre dağılımı Tablo 41’de verilmiştir.

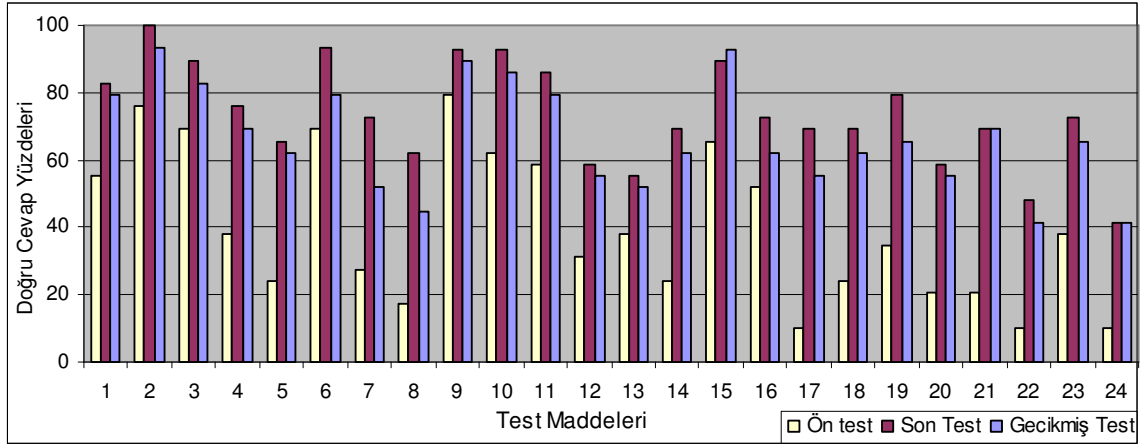
Tablo 41. Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin yirmi dördüncü sorusuna ön, son ve gecikmiş testlerde verilen cevapların seçeneklere göre frekans ve yüzde dağılımları

| Öğrenci Cevapları | | Ön Test | Son Test | Gecikmiş Test |
|-------------------|---|---------|----------|---------------|
| | | (N=29) | (N=29) | (N=29) |
| A | f | 9 | 6 | 8 |
| | % | 31,1 | 20,7 | 27,6 |
| B | f | 7 | 4 | 4 |
| | % | 24,1 | 13,8 | 13,8 |
| C* | f | 3 | 12 | 12 |
| | % | 10,3 | 41,4 | 41,4 |
| D | f | 6 | 5 | 3 |
| | % | 20,7 | 17,2 | 10,3 |
| Boş | f | 4 | 2 | 2 |
| | % | 13,8 | 6,9 | 6,9 |

Tablo 41’den görüldüğü gibi; bu soruyu ön testte öğrencilerin %10,3’ü doğru cevaplarırken, son ve gecikmiş testlerde ise öğrencilerin %41,4’ü doğru cevaplamıştır.

Grafitteki karbon atomlarının birbirine sıkı bağlanmadıkları, atomlardan bazılarının bağ yapmadıkları ve molekül içinde serbest olarak hareket ettikleri ve grafitin elektriği iletmesinin atomların bu hareketinden kaynaklandığı yanılığını içeren “a” seçeneği ön testte öğrencilerin %31,1’i, son testte %20,7’si ve gecikmiş testte %27,6’sı tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Grafitte bazı karbon atomlarının delokalize olduğu ve delokalize olan bu atomların elektriği iletmediği yanılığını içeren “b” seçeneği ön testte öğrencilerin %24,1’i tarafından doğru cevap olarak işaretlenirken, son ve gecikmiş testlerde %13,8’i tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Grafitin birbiri üzerinde kayabilen karbon atomu tabakaları sayesinde elektriği iletmediği yanılığını içeren “d” seçeneğinin ise; ön testte öğrencilerin %20,7’si, son testte %17,2’si ve gecikmiş testte %10,3’ü tarafından doğru cevap olarak işaretlendiği ortaya çıkmıştır. Bu soru ön testte öğrencilerin %13,8’i, son ve gecikmiş testlerde ise öğrencilerin %6,9’u tarafından boş bırakılmıştır.

Öğrencilerin ön, son ve gecikmiş testlerdeki cevaplarının yukarıda bahsedilen ayrıntılı analizleri dikkate alınarak her bir test maddesine ön, son ve gecikmiş testlerde doğru cevap veren öğrencilerin yüzdeleri karşılaştırmalı olarak Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. Ön, son ve gecikmiş testlerdeki her bir test maddesine verilen doğru cevap yüzdelerinin karşılaştırmalı gösterimi

Şekil 6’da görüldüğü üzere; Kimyasal Bağlar Kavram Testi’nin tüm maddelerine öğrencilerin verdikleri doğru cevapların yüzdeleri, son ve gecikmiş testlerde ön testtekine oranla daha yüksektir. Son testteki doğru cevap yüzdeleri ile gecikmiş testteki doğru cevap yüzdelerine karşılaştırmalı olarak bakılırsa, genellikle son testteki doğru cevap

yüzdelerinin gecikmiş testtekilerden daha yüksek olduğu, ancak bazı durumlarda tersi şekilde gecikmiş testteki yüzdelerin daha yüksek olduğu veya birbirine eşit olduğu görülmektedir.

Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin yukarıda ayrıntılı olarak bahsedilen incelemesinin ardından öğrencilerin bu testin ön, son ve gecikmiş test olarak uygulanmasından aldıkları notlar hesaplanmıştır. Her bir öğrencinin her üç testten aldıkları puanlar, karşılaştırmada kolaylık sağlanması açısından 100'lük sisteme dönüştürülmüş ve 100 üzerinden aldıkları puanları hesaplanmıştır. Her bir öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden 100 üzerinden aldıkları puanların hesaplanmasının ardından, son testten aldıkları puanlar ile ön testten aldıkları puanlar arasındaki fark (ST-ÖT), gecikmiş testten aldıkları puanlar ile ön testten aldıkları puanlar arasındaki fark (GT-ÖT) ve gecikmiş testten aldıkları puanlar ile son testten aldıkları puanlar arasındaki fark (GT-ST) hesaplanmış ve bu değerler tablolaştırılmıştır. Öğrencilerin ön, son ve gecikmiş testlerden aldıkları puanlar ve farklı testlerden aldıkları puanların değişimleri Tablo 42'de gösterilmiştir.

Tablo 42. Öğrencilerin ön test, son test ve gecikmiş testten elde ettikleri toplam puanları ve değişimleri

| Öğrenci | Ön Test | Son Test | Gecikmiş Test | ST-ÖT | GT-ÖT | GT-ST |
|---------|---------|----------|---------------|-------|-------|-------|
| 1 | 42 | 75 | 67 | 33 | 25 | -8 |
| 2 | 29 | 63 | 50 | 34 | 21 | -13 |
| 3 | 25 | 50 | 46 | 25 | 21 | -4 |
| 4 | 46 | 79 | 71 | 33 | 25 | -8 |
| 5 | 33 | 88 | 83 | 55 | 50 | -5 |
| 6 | 50 | 71 | 63 | 21 | 13 | -8 |
| 7 | 46 | 79 | 71 | 33 | 25 | -8 |
| 8 | 50 | 79 | 83 | 29 | 33 | 4 |
| 9 | 50 | 92 | 83 | 42 | 33 | -9 |
| 10 | 17 | 38 | 29 | 21 | 12 | -9 |
| 11 | 42 | 83 | 75 | 41 | 33 | -8 |
| 12 | 50 | 79 | 67 | 29 | 17 | -12 |
| 13 | 33 | 83 | 79 | 50 | 46 | -4 |
| 14 | 42 | 71 | 58 | 29 | 16 | -13 |
| 15 | 25 | 58 | 46 | 33 | 21 | -12 |
| 16 | 33 | 92 | 83 | 59 | 50 | -9 |
| 17 | 42 | 75 | 71 | 33 | 29 | -4 |
| 18 | 58 | 92 | 88 | 34 | 30 | -4 |
| 19 | 21 | 50 | 42 | 29 | 21 | -8 |
| 20 | 29 | 63 | 50 | 34 | 21 | -13 |
| 21 | 42 | 67 | 71 | 25 | 29 | 4 |
| 22 | 58 | 83 | 79 | 25 | 21 | -4 |
| 23 | 54 | 79 | 75 | 25 | 21 | -4 |
| 24 | 29 | 75 | 63 | 46 | 34 | -12 |
| 25 | 33 | 63 | 63 | 30 | 30 | 0 |
| 26 | 46 | 79 | 75 | 33 | 29 | -4 |
| 27 | 38 | 92 | 79 | 54 | 41 | -13 |
| 28 | 38 | 71 | 67 | 33 | 29 | -4 |
| 29 | 38 | 63 | 54 | 25 | 16 | -9 |

Daha sonra öğrencilerin Kimyasal Bağlar Kavram Testi'nin ön, son ve gecikmiş test olarak uygulanmasından 100'lük sistemde aldıkları puanlar üzerinde tanımlayıcı istatistiksel analizler yapılmıştır. Ön, son ve gecikmiş testlerden alınan öğrenci puanlarına ilişkin tanımlayıcı istatistik sonuçları Tablo 43'de verilmiştir.

Tablo 43. Öğrencilerinin ön, son ve gecikmiş testlerdeki notlarına ilişkin tanımlayıcı istatistik sonuçları

| Testler | N | Ortalama | Standart Sapma | En Düşük | En Yüksek |
|---------------|----|----------|----------------|----------|-----------|
| Ön Test | 29 | 39,3 | 2,0 | 17 | 58 |
| Son Test | 29 | 73,5 | 2,5 | 38 | 92 |
| Gecikmiş Test | 29 | 66,6 | 2,7 | 29 | 88 |

Tablo 43'den görüldüğü gibi, ön testin ortalaması 100 üzerinden 39,3 olarak belirlenirken, son testin ortalaması 73,5 ve gecikmiş testin ortalaması ise 66,6 olarak tespit edilmiştir. ön, son ve gecikmiş testlerdeki puanlarına tanımlayıcı istatistik analizleri uygulanmasının ardından, testin farklı uygulamalarından (ön, son ve gecikmiş testler) öğrencilerin aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak bir farklılık olup olmadığını belirlemek ve öğrencilerin uygulama öncesindeki başlangıç durumlarını, uygulamamanın hemen sonrasındaki durumlarını ve uygulamadan dört ay sonraki durumlarını karşılaştırmak amacıyla, testlerden elde edilen verilere tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) yapılmıştır. Tek yönlü varyans analizinden elde edilen sonuçlar ise Tablo 44'de verilmiştir.

Tablo 44. Öğrencilerin ön, son ve gecikmiş testlerden aldıkları puanlara uygulanan tek yönlü ANOVA (One-way ANOVA) analizi sonuçları

| Notlar | Karelerin toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Ortalamanın karesi | F | Sig. |
|------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|--------|-------|
| Gruplar arasında | 19008,207 | 2 | 9504,103 | 55,487 | 0.000 |
| Gruplar içinde | 14388,069 | 84 | 171,287 | | |
| Toplam | 33396,276 | 86 | | | |

Tablo 44'den görüldüğü gibi, her üç testten elde edilen verilere uygulanan Tek Yönlü ANOVA (One-way ANOVA) analizi sonucunda, öğrencilerin ön, son ve gecikmiş testlerden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir farkın olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Bu farkın hangi testler arasında olduğunu belirlemek amacıyla verilere Post Hoc (Tukey HSD) testi uygulanmıştır. Post Hoc testi sonucu elde edilen veriler Tablo 45'de sunulmuştur.

Tablo 45. Ön, son ve gecikmiş testlerden elde edilen verilere ilişkin Post Hoc analizi sonuçları

| Testler | Testler | Ortalama farkı | Anlamlılık (Sig.) |
|---------------|---------------|----------------|-------------------|
| Ön test | Son test | -34.24* | .000 |
| | Gecikmiş test | -27.31* | .000 |
| Son test | Ön test | 34.24* | .000 |
| | Gecikmiş test | 6.93 | .114 |
| Gecikmiş test | Ön test | 27.31* | .000 |
| | Son test | -6.93 | .114 |

*: 0.05 düzeyinde anlamlı farklılık gözlemlenmektedir

Tablo 45'deki çoklu karşılaştırma sonuçlarına (post hoc tests) bakıldığında, ön test ile son test arasında son test lehinde ve ön test ile gecikmiş test arasında gecikmiş test lehinde anlamlı bir farklılık olduğu gözlemlenirken ($P < 0.05$), son test ve gecikmiş test arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmektedir ($P > 0.05$).

3. 6. Kavramsal Değişimin Ayrıntılı Verildiği Öğrencilerden Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde; öğrencilerin son test puanlarından ön test puanlarının çıkartılması sonucunda hesaplanan kavramsal değişimin en yüksek, orta ve en düşük düzeyde gerçekleştiği 2'şer öğrenciyle (toplam 6 öğrenciyle) ilgili çalışmadaki veri toplama araçlarından elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Bu bölümde öncelikle kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle son testten bir hafta sonra yapılan mülakatlardan elde edilen veriler sunulmuştur. Daha sonra ise, bu öğrencilerin her birinin uygulamanın öncesinden başlayarak uygulamadan yaklaşık dört ay sonrasına kadar olan zaman içerisinde, kimyasal bağlar konusundaki kavramlara ilişkin anlama düzeylerindeki değişimleri değerlendirmeye yönelik olarak kullanılacak bütün veriler bir araya getirilmiş ve onlarla ilgili olarak çalışmadaki tüm veri toplama araçlarıyla elde edilen bulgular düzenlenerek sunulmuştur.

3.6.1. Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Mülakat verilerinden elde edilen bulgular verilirken bazı kısaltmalar kullanılmıştır. Bu kısaltmaların açılımı aşağıda verilmiştir.

A: Araştırmacı (Mülakatçı),

Ö: Öğrenci

Mülakatlardan elde edilen bulgular, mülakat rehberinde yer alan her bir soruya verilen öğrenci cevapları sunularak verilmiştir.

1. Soru: Kimyasal bağ deyince aklınıza ne geliyor? Kimyasal bağı tanımlar mısınız?

Mülakatın ilk sorusu öğrencilerin “kimyasal bağ” kavramıyla ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Öğrencilerin bağ oluşumunun özellikleri ve iki atomun nasıl bağ yaptıklarıyla ilgili anlamalarını ortaya çıkarmayı amaçlayan bu soruya verdikleri cevaplar, aynı zamanda onların “kimyasal bağ” kavramıyla ilişkilendirdikleri diğer kavramları da ortaya çıkarmaktadır. Mülakatın bu ilk sorusuna örneklemedeki öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin de kimyasal bağın elektriksel bir çekimden ibaret olduğunu bildiğini göstermektedir. Altıncı öğrenci (Ö6) bu soruya verdiği açıklamalarda *kimyasal bağın*; fiziksel bir nesne veya atomların istekleri olmadığını, sadece atomlar arasındaki çekim kuvvetleri olduğunu ifade etmiştir. Altıncı öğrenci (Ö6)

açıklamalarında; *atomlar arasındaki çekimin iyonik ve kovalent bağlarda birbirinden farklı olduğunu* ifade ederek, farklı tür atomlar arasındaki çekimin nereden kaynaklandığını da belirtmiştir. Bu öğrencinin açıklamalarında dikkat çeken önemli bir husus, öğrencinin “iyonik bağ” kavramını “kovalent bağ” ile karıştırması ve bu kavramları birbirinin yerine kullanmasıdır. Onuncu öğrenci (Ö10) de bilimsel bilgilerle tutarlı olarak *kimyasal bağın; atomları bir arada tutan çekim kuvvetleri olduğunu* ifade etmiştir. Bu öğrenci (Ö10) de *atomlar arasındaki çekimin iyonik ve kovalent bağlarda birbirinden farklı olduğunu* ifade ederek, elektron alışverişi şeklinde gerçekleşen bağlanma sırasında atomlar arasındaki çekim kuvvetinin nasıl oluştuğunu açıklayabilmiş, ancak elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşen bağlanma sırasında atomlar arasındaki çekimin nereden kaynaklandığını tam olarak ifade edememiştir. Her ne kadar tam olarak açıklayamamış olsa da, elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşen bağlanmanın da yine elektriksel bir çekim olduğunu ifade edebilmiştir. Örneklemdaki altıncı (Ö6) ve onuncu (Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Kimyasal bağ nedir? Kimyasal bağı tanımlar mısın?

(Ö6): Atomların birbirleriyle oluşturdukları bağlar. Mesela iyonik bağ, kovalent bağ...

(A): Onları daha sonra soracağım sana. Şimdi sormak istediğim şey; bağ nedir? Yani kimyasal bağ dediğimiz şey nedir? Türlerine daha sonra geleceğiz.

(Ö6): O zaman kimyasal bağ... atomları bir arada tutan kuvvetlerdir diyebiliriz.

(A): Nedir o kuvvetler, nasıl oluşuyorlar?

(Ö6): Aralarında çekim oluşuyor işte, zıt yüklü oldukları için... mesela soydum +1 yüklü, klorda -1 yüklü olduğu için... aralarında bir çekim oluşuyor.

(A): Atomlar mı + ve - yüklü? Hepsi de mi?

(Ö6): Evet.

(A): Senin dediğine göre, her zaman + ve - yüklü atomlar bir araya geliyor ve bağ oluşturuyorlar. Doğru mu anladım?

(Ö6): Evet.

(A): Peki atomların ikisi de - yüklüyse ne olacak? Bunlar bağ yapar mı?

(Ö6): Onlarda iyonik bağ yapar.

(A): Ama sen her zaman + ve - yüklü atomlar bir araya geliyor ve bağ oluşturuyor dedin az önce.

(Ö6): ... Ben yanlış anlattım galiba. Öyle de olur ama, yani elektron alışverişi de olur ama, bir de iyonik bağ var.

(A): Onda bağ nasıl oluşuyor?

(Ö6): Onda da elektron alışverişi sayesinde. Atomların ikisinin de eksiği var, o zaman alacakları bir atomda yok... mecbur birbirinin elektronlarını ortak kullanıyorlar.

(A): Peki bunlar arasındaki bağ denilen şey nedir?

(Ö6): İyonik bağ

(A): Ama benim sormak istediğim şu: yani ortaklaşa kullanıyorlar elektronlarını, peki aralarındaki bağ niye oluşuyor?

(Ö6): Elektronlarını ortak kullandıkları için.

(A): Elektronlarını ortak kullandıkları için bir arada mı duruyorlar? “Biz elektronlarımızı ortak kullandık, gel bir arada duralım” mı diyorlar? Böyle bir istekleri mi var, böyle bir yeteneğe sahipler mi?

(Ö6): Hayır tabi ki...

(A): Peki nedir bağ denen şey o zaman?

(Ö6): Çekim kuvveti, aralarındaki.

(A): Bu çekim nasıl oluşuyor işte onu soruyorum?

(Ö6): Ya nasıl diyeyim...ortak kullandıkları için bir arada durmaları gerekir atomların... elektronları her iki ametal atomu da çektiği için. Yine aralarında bir çekim oluşuyor yani.

.....

(A): Kimyasal bağ nedir? Kimyasal bağı tanımlar mısın?

(Ö10): Maddeleri bir arada tutan bağ. Bir maddenin bütünlüğünü sağlar. Bir arada tutar. Diyelim su... Suyu bir arada tutar yani dağılmaz bırakmaz. Nasıl anlatsam, mesela suyun içindeki H_2O . Burada da oksijenle hidrojen arasında bir bağ oluşur, onları bir arada tutar.

(A): Sen bağ için önce su moleküllerini bir arada tutar dedin, sonra ise sudaki hidrojen ve oksijeni bir arada tutar dedin. Hangisi doğru? Ya da ikisi de doğru mu bu söylediklerinin?

(Ö10): İkisi de doğru. Molekülleri de bir arada tutan bağlar vardır, moleküldeki atomları da.

(A): İkisi de kimyasal bağ mı bunların?

(Ö10): Evet, ama birine moleküller arası bağlar deniliyor. Atomlar arasında olunca kimyasal bağ diyoruz.

(A): Peki bağ dediğin şey ne?

(Ö10): Çekim kuvveti.

(A): Bu çekim kuvveti nereden kaynaklanıyor?

(Ö10): Zıt yönlü kuvvetler birbirini çeker. Zıt yönlü olmalarından dolayı birbirini çekerler ve bir arada bulunurlar.

(A): Atomlar zıt yüklü müdür?

(Ö10): Evet. Mesela sodyum klorürde... klor (-) sodyum (+) dir. Bu nedenle birbirlerini çekerler, bir arada dururlar.

(A): Peki her zaman böyle mi, yani atomların hepsi de doğada yüklü halde mi bulunurlar?

(Ö10): ... atomlar yüksüzdür tabii ki, ama elektron alışverişi yaptıkları için + ve - yüklü olurlar.

(A): Peki, aslında bu soruyu daha sonra tekrar soracağız ama, yeri geldi sorulmuş. Kimyasal bağ her zaman elektron alışverişi şeklinde mi oluyor.

(Ö10): Hayır, ortaklaşa da kullanırlar elektronlarını, öyle de bağ yaparlar.

(A): O zaman orda oluşan bağ nasıl bir şey, bir alışveriş yoksa nasıl birbirini çekecekler?

(Ö10): Orda da elektronlarını ortaklaşa kullandıkları için aralarında bir çekim oluşuyor ve yan yana duruyorlar.

(A): Oradaki çekim nereden kaynaklanıyor?

(Ö10): Bilmiyorum ama elektriksel bir çekimdir yine.

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrencinin (Ö1) mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalar bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin bir kavram yanılgısını içermesine rağmen, dördüncü öğrenci (Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı açıklamalar vermiştir. Birinci öğrenci (Ö1) mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *kimyasal bağın elektronlar olduğunu* ifade etmiştir. Bu öğrenci (Ö1) açıklamalarında; kimyasal bağın türleri, iyonik ve kovalent bağın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili bazı doğru bilgiler vermesine rağmen, kimyasal bağın yapısını açıklayamamış ve onun atomlar arasında olması gereken bir yapı olarak tanımlamıştır. Öğrencinin (Ö1) açıklamalarında “atom” kavramı yerine “element” kavramını kullanması da dikkat çekmiştir. Buna karşılık, dördüncü öğrenci (Ö4) bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin bilimsel bilgilerle tutarlı açıklamalar yapmış ve açıklamalarında; *kimyasal bağın atomları bir arada tutan çekim kuvvetleri olduğunu* ifade etmiştir. Bu öğrenci (Ö4) açıklamalarında ayrıca; *moleküller arasında da çekim kuvvetleri olduğundan, ancak moleküller arası*

kuvvetlerde bir elektron alışverişi veya ortaklaşması olmadığından, arasında gerçekleştiği atomların özelliklerine göre kimyasal bağların farklılık gösterdiğinden, iyonik bağın; elektron veren metallerle elektron alan ametaller arasında zıt yüklü olmalarından dolayı oluştuğundan ve kovalent bağda atomların ortaklaşa kullanılan elektronların her iki atom tarafından da çekilmesi sayesinde bir arada durduğundan da bahsetmiştir.

(A): Kimyasal bağ nedir? Kimyasal bağı tanımlar mısın?

(Ö1) Bir elementin başka bir elementle yaptığı bağıdır kimyasal bağ. Bileşik yapmak için.

(A): Peki...ben sana zaten bağın tanımını sordum sen yaptığın tanımda bağ dedin yine.

(Ö1): Nasıl söyleyeyim... elementlerin bileşik oluşturmak için birbiriyle yaptıkları bağlar.

(A): Tamam ama, benim sormak istediğim; yaptıklarını söylediğin ve "bağ" dediğin şey nedir?

(Ö1): Ya mesela ametalle ametal ortaklaşa kullanarak yada metalin ametale elektron vermesiyle bileşik yaparlar. İşte aralarında değişik bağlar oluşur; iyonik, kovalent...

(A): Peki, bu alma verme yada ortaklanma sırasında ne oluyor da element dediğin şeyler bağ yapıyor. Onları bir arada tutan, o "bağ" dediğin şey ne?

(Ö1): ...iyonik bağ, kovalent bağ, metalik bağ gibi mi? Türünü mü soruyorsunuz?

(A): Hayır. Benim sormak istediğim; sen elektron alışverişi veya elektronun ortaklaşa kullanılması sonucu bağ oluştuğunu söylüyorsun, oluşan ve senin bağ dediğin şey nasıl bir şey? Atomları bir arada tutan, bağ denilen şey nedir?

(Ö1): ...humm. Tamam, anladım neyi sorduğunuzu ama... Elektronlar olabilir, elementleri bir arada tutan.

(A) : Nasıl oluyor bu, biraz açar mısın söylediğini?

(Ö1): Elementlerin arasındaki elektronlardır bağlar... Başka ne olabilir ki?... İki atom arasında ortaklaşa kullanılan elektronlar onları bir arada tutar...

(A): Peki atomlar arasında elektron ortaklaşması yoksa, elektron alışverişi varsa... O zaman bağ denilen şey ne oluyor?

(Ö1): ... yine aynı... metaller elektron verir ametallere... bu elektronlar sayesinde bir arada dururlar.

(A): Bağ denilen şey aslında elektronlardır diyorsun, doğru mu anladım?

(Ö1): Evet.

.....

(A): Kimyasal bağ nedir? Kimyasal bağı tanımlar mısın?

(Ö4): Atomların ve moleküllerin kendi aralarında oluşturdukları çekim kuvvetleri

(A): Hem atomlar arasında hem de moleküller arasında var mı kimyasal bağ?

(Ö4): Evet. İyonik, kovalent, metalik. Bunlar atomlar arasındaki bağlar. Van der Waals, dipol-dipol, hidrojen. Bunlar da moleküller arasındaki bağlar.

(A): Her iki tür de kimyasal bağ mı?

(Ö4): Böyle söyleyebiliyoruz bağlar diye. Ama aslında moleküller arası kuvvetler Van der Waals, dipol-dipol falan.

(A): Yani şimdi bunlar kimyasal bağ mı, değil mi?

(Ö4): Değildi galiba. Atomlar arasında olunca oluyordu kimyasal bağ. Kimyasal olması için bir elektron alışverişinin veya elektron ortaklaşmasının olması lazım. Van der Waals'te, dipol-dipol'de yok öyle bir şey. Bunlar sadece kuvveti. Bağ değildi. Hidrojen bağı da öyle. Bağ diyoruz ama aslında bağ değil, kuvvet.

(A): Peki atomlar arasında oluştuğunu ve türlerini söylediğin bu bağlar nasıl oluşuyor? Yani, bağ dediğin nedir, atomları bir arada tutan ve bağ dediğin bu şey nedir?

(Ö4): Atomları bir arada tutan çekim kuvveti.

(A): Nasıl bir çekim bu, nereden kaynaklanıyor?

(Ö4): Atomların arasında... örneğin metalle ametal arasında artı ve eksi çekimi. Biri elektron alıyor eksi yüklü oluyor. Diğeri elektron veriyor artı yüklü oluyor.

(A): Peki bağ oluşumu her zaman elektron alışverişi şeklinde mi oluyor?

(Ö4): Yok. Birde elektronlarını ortaklaşa kullanarak da bağ yapıyorlar atomlar.

(A): Peki o durumda aralarındaki çekim niye oluşuyor?

(Ö4): ...Elektronlarını ortak kullandıkları içindir herhalde...tam bilmiyorum ama...

(A): Ne oluyor ortak kullanınca, "biz elektronları ortak kullandık bir arada duralım" mı diyorlar? Atomların böyle düşünceleri, istekleri mi var?

(Ö4): Yok, hayır tabi de... bilmiyorum tam. Ama aralarında bir çekim oluşur yine. İstekleri olmaz atomların. İsteyemezler yani... (bir müddet susuyor)... elektronları çektikleri içindir herhalde, iki atomda çekiyor ya, onun için.

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrenciler (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrencinin de mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, onların kimyasal bağ atomlar arasındaki bir çekim kuvveti olarak düşündüğünü ortaya çıkarmıştır. Beşinci ve on altıncı öğrenciler (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna verdikleri benzer açıklamalarda; *kimyasal bağın atomlar arasındaki çekim kuvvetleri olduğunu* vurgulamışlar, kimyasal bağın farklı türlerinde, yani iyonik ve kovalent bağlarda, kimyasal bağların nasıl oluştuğunu ve atomlar arasındaki çekimin nereden kaynaklandığını doğru ve net bir biçimde ifade etmişlerdir. Örneklemdeki beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Kimyasal bağ nedir? Kimyasal bağ tanımlar mısın?

(Ö5): Atomları bir arada tutan bağlardır kimyasal bağlar. Çeşitleri vardır; iyonik, kovalent..

(A): Tamam, onları daha sonra soracağım zaten sana. Benim öğrenmek istediğim kimyasal bağın tanımıydı, ama sen yine içinde bağ kelimesi geçen bir tanım yaptın. İşte o atomları bir arada tutan "bağ" dediğin şey nedir?

(Ö5): Bağ dediğimiz atomlar arasındaki çekim kuvvetleridir.

(A): Biraz açıklar mısın bunu?

(Ö5): Nasıl açıklayayım?... atomların birbirine uyguladıkları çekimler...

(A): Anladım. Peki bu çekimler niye oluşuyor.

(Ö5): Mesela sodyum klorür. Sodyum klorürde sodyum klora bir elektron verdiği için, biri artı, biri de eksi oluyor. Artıyla eksi birbirini çekiyorlar, böylece bir arada duruyorlar.

(A): Peki her zaman atomlar arasındaki çekim böyle mi oluşuyor? Yani her zaman elektron alışverişi sonucu atomlardan biri artı, diğeri eksi olduğu için mi birbirini çekiyorlar?

(Ö5): Hayır, bazen de ortaklaşa kullanıyorlar. O zamanda yine aralarında çekim oluşuyor...bu ortaklaşa kullandıkları elektronlar sayesinde...

(A): O nasıl oluyor, biraz açıklar mısın söylediğini?

(Ö5): Ametaller ortaklaşa kullandıkları için elektronlarını, artık o elektronlar ikisinin de olur. Yani o elektronları her iki atom da çekiyormuş gibi olur. İki atomda aynı elektronu çeker. Öyle olunca da bir arada durmuş olurlar.

.....

(A): Kimyasal bağ nedir? Kimyasal bağ tanımlar mısın?

(Ö16): Metallerle ametaller veya ametallerle ametallerin bileşik oluştururken aralarında oluşan çekim kuvvetleridir... Gerçi birde metallerin kendi aralarında da olabilir.

(A): Peki bu çekim kuvveti nereden kaynaklanan bir çekim kuvveti, nasıl oluşuyor bu söylediğin atomlar arasında?

(Ö16): Elektron alışverişi sayesinde veya ortaklaşa kullanma sayesinde bu atomlar bağ yapıyor...

(A): *Ne oluyor elektron alışverişi yapınca veya elektron ortaklaşa kullanılıncaya? Aralarındaki çekim niye oluşuyor?*

(Ö16): *Şimdi... mesela metal ametale elektron veriyor, ametal de alıyor. O zaman metal artı, ametal de eksi yüklü oluyor. Bu artı ve eksi yüklü iyonlar arasında bir elektriksel çekim oluşuyor.*

(A): *Peki bağ nerde burada?*

(Ö16): *Bağ dediğimiz çekim işte. Bu çekime bağ diyoruz.*

(A): *Peki her zaman böyle mi? Mesela ametalle ametal arasında da bağ var demiştin, onda da biri elektron alıyor diğeri veriyor, artı ve eksi yüklü oldukları içinde birbirlerini mi çekiyorlar?*

(Ö16): *Yok, onlar elektronlarını ortaklaşa kullanıyorlar. Onların ikisi de eksi...*

(A): *İkisi de eksi yüklüyse birbirini iter onlar, nasıl bağ yapıyorlar?*

(Ö16): *Eksi dediğim... yani onlar almak isterler. Ama verecek elektron olmadığı için ikisinde de, elektronlarını ortak kullanırlar.*

(A): *Peki aralarındaki bağ nasıl oluşuyor o zaman?*

(Ö16): *Onlarda ortaklaşa kullandıkları elektronları her iki atom da çektiği için bir arada duruyorlar. Yani o elektronlar, ortak kullandıkları elektronlar, hem birinin hem de öbürünün çekirdeği tarafından çekiliyor. Aynı şeyi çekince de, bir arada duruyorlar.*

(A): *Her zaman kimyasal bağ dediğimiz şey aralarındaki çekim kuvvetidir diyorsun yani, doğru mu anladım?*

(Ö16): *Evet.*

“Atomlar neden kimyasal bağ yaparlar?” sorusu öğrencilerin kimyasal bağ için verdikleri tanımın arkasından sorulan alt sorulardan bir tanesidir. Bu soru ile öğrencilerin kimyasal bağ oluşumuyla ilgili anlamaları daha derinlemesine araştırılmaya çalışılmıştır. Öğrencilerin bazıları mülakatın bu sorusu için bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları bilimsel olarak kabul edilebilir bazı açıklamalar sunmuş, ancak sorunun cevabı olarak onlardan beklenen açıklamaları verememişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel olarak kabul edilebilir bazı açıklamalar vermişler, ancak sorunun cevabı olarak onlardan beklenen “*düşük enerjili hale geçme*” durumundan bahsetmemişlerdir. Altıncı öğrenci açıklamalarında atomların bağ yapma nedeni olarak “*molekül oluşturabilmek, orbitallerini tam doldurabilmek, kararlı olabilmek*” gibi bazı ifadeler kullanmış, ancak kullandığı bu ifadeleri bilimsel açıklamalarla destekleyememiştir. Örneğin, *atomların bağ yaparak kararlı hale geçtiğini* söyleyen öğrenci, *kararlılık* kavramının ne anlama geldiği kendisine sorulduğunda *bir atomun elektron alma veya verme isteğinin olmaması* şeklinde bir cevap vermiştir. Onuncu öğrenci (Ö10) de açıklamalarında atomların bağ yapma nedeni olarak “*bileşik oluşturmak, soygazlara benzemek, son enerji düzeyindeki elektron sayısını sekize tamamlamak ve kararlı olmak*” gibi bazı ifadeler kullanmış, ancak kullandığı bu ifadeleri bilimsel açıklamalarla destekleyememiştir. Örneğin, *atomların bağ yaparak soygaza benzediklerini*

ve soygazların kararlı olduğunu söyleyen öğrenci, kararlılık kavramının ne anlama geldiği kendisine sorulduğunda *elektron sayısını 8'e tamamlamış olmak ve elektron alıp vermek istememek* şeklinde bir cevap vermiştir. Aslında her iki öğrencinin de söylediği ifadeler bilimsel olarak doğrudur, ancak verdikleri açıklamalarda *kararlılık* kavramının doğru tanımını yer almamaktadır. Bu öğrenciler *kararlılık* kavramının *daha düşük enerjiye sahip olmak* anlamını ifadelerinde hiç kullanmamışlardır. Her iki öğrencinin (Ö6 ve Ö10) de atomların bağ yapma nedenleri olarak sıraladığı maddeler; birer neden değil, bir atomda bağ yaptıktan sonra gerçekleşen değişimlerdir. Mülakat esnasında dikkat çeken diğer bir husus; her iki öğrencinin (Ö6 ve Ö10) de atomlardan bahsederken onlar için canlılara ait olan *istek, ihtiyaç* gibi tanımlamaları kullanmış olmalarıdır. Altıncı ve onuncu öğrenciyle (Ö6 ve Ö10) yapılan mülakatların ilişkili olan kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki neden atomlar bağ yapar?

(Ö6): Molekülleri oluşturmak için. Atomların kararlı hale gelme istekleri vardır. Bu bütünlükte kendileri daha kararlı hale geçerler.

(A): Ne demek kararlı olmak?

(Ö6): Elektron verme isteği olmaz. Elektron alma isteği olmaz.

(A): Normalde böyle bir istekleri mi var atomların?

(Ö6): Metallerin elektron verme isteği vardır. Ametallerin de elektron alma isteği vardır. Metallerle ametaller bir araya gelerek kararlı hale geçmek isterler. Soygaz atomuna benzemek isterler. Kararlıdır soygaz atomları.

(A): “Kararlı olmak” ne demek biraz açar mısın?

(Ö6): Elektron verme isteği olmamak, elektron alma isteği olmamak demek. Soygazlar mesela. Orbitaleri tam dolu olduğu için kararlı halde olurlar. Başka elektron alıp vermek istemezler. Çekirdek bütün elektronları iyice çekiyor soygazlarda.

(A): Tam dolu demek, bunun bir sınırı ya da belirli bir sayısı mı var?

(Ö6): Orbitalerin alabileceği bir elektron sayısı var. Örneğin s orbitali 2 elektron alıyor. P orbitali 6 elektron alıyor. Elektronlar orbitaleri tam dolduruyor. Elektron sayısı fazla olursa çekim zorlaşır, uzaktakini çekemez ve son yörüngedeki elektron serbest dolaşır. Az olursa...nasıl anlatsam... kafam karıştı...

(A): Şimdi sen dedin ki: metallerin elektron verme isteği vardır, ametallerin ise elektron alma isteği vardır. Soygazların ise orbitaleri tam dolu olduğu için elektron alma veya verme isteği yoktur dedin. Atomların böyle istekleri mi var? Bu istek dediğin ne?

(Ö6): Ametallerin genelde boş orbitaleri vardır. Bu nedenle elektron almak isterler. Metallerinde orbitalerinde fazla elektronları vardır. Onlar da vermek isterler. Soygazlarda tam doludur orbitaler. İhtiyaç duymazlar elektron almaya. Vermeye de tabi.

(A): Peki, sonuç olarak atomlar neden bağ yapar? Bu söylediklerini düzgün bir şekilde ifade edebilir misin?

(Ö6): Yani, atomlar kararlı olmak için... soygazlar gibi kararlı olmak için... orbitalerini tam dolu yapmak, bu nedenle elektrona ihtiyaç duymamak için bağ yaparlar. He! birde elektron vermemek için, yani soygazlar gibi tam sekiz olmak için bağ yaparlar.

(A): Peki soygaza niye benzemek istiyor atomlar? Orbitaleri tam dolu olunca ne oluyor?

(Ö6): Kararlı oluyor. Bir bütünlük içinde durabiliyor bu atomlar. Tam dolu.

.....

(A): Atomlar neden bağ yapar?

(Ö10): Bileşik oluşturmak için.

(A): Peki neden bileşik oluşturmak için bağ yaparlar, ne oluyor bileşik oluşturunca?

(Ö10): Birinin daha fazla diğerinin daha az elektronu olur. Ya da hidrojenin az elektronu var, klorunda az elektronu var. Soygaz benzemek isterlerse elektronlarını ortaklaşa kullanarak bileşik oluştururlar.

(A): Soygaz benzemek mi istiyor bu atomlar?

(Ö10): Evet, çoğu atom soygaz benzemek isterler.

(A): Ne oluyor soygaz benzeyince?

(Ö10): Kararlı olurlar. Kararlı oldukları için elektron alıp vermezler, elektron sayısını 8'e tamamlarlar...

(A): Biraz daha açıklar mısın söylediklerini, kararlılık dediğin nedir?

(Ö10): Kararlılık dediğimiz elektron sayısını 8'e tamamlamış olmak, elektron alıp vermek istememek.

(A): Nasıl yani atomlar elektron sayılarının sekiz olmasını mı isterler.

(Ö10): Evet.

(A): Peki, atom numarası 20 olan bir atom düşünelim. Ne yapacak bu atom şimdi? Atom numarası 8 olana kadar elektronlarını verecek mi?

(Ö10): Hayır, benim dediğim son elektron sayısı 8. Yani elektron dizilişini yazarken 2, 8, 8 diyoruz ya... son elektronu 8 olacak. Son enerji düzeyini 8'e tamamlayacak. Böylece bir bütün olacak.

(A): Bir bütün olacak ne demek, biraz açıklar mısın?

(Ö10): Bütün olacak dediğim yani 8'e tamamlamış olacak.

(A): Peki sen dedin ki: soygaz benzemek ister atomlar. Bu ifadenle ne söylemek istedin?

(Ö10): Soygazlarda 8 olduğu için, o yüzden. Yani soygaz benzemiş oluyor aslında. Aynı şeyi söyledim. Soygaz benzemek istiyor, yani sekize tamamlamak istiyor.

(A): Peki bu atomların böyle istekleri mi var? "Haydi sekize tamamlayalım elektronlarımızı" mı diyorlar?

(Ö10): ... ilgi duyarlar. Elektron ilgisi vardı... yani onun gibi.

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci ve dördüncü öğrenciler (Ö1 ve Ö4) de, daha önce mülakatlarından alıntıların verilen Ö6 ve Ö10 ile benzer şekilde, mülakatın bu sorusuna bilimsel olarak kabul edilebilir bazı açıklamalar vermiş, ancak sorunun doğru cevabı olarak kabul edilebilecek açıklamalar sunamamışlardır. Açıklamalarında atomların bağ yapma nedeni olarak "bileşik oluşturmak, kararlı olmak" gibi gerekçeler sunan birinci öğrenci (Ö1), kullandığı bu ifadeleri doğru açıklamalarla destekleyememiştir. Örneğin, atomların bileşik oluşturup kararlı hale geçmek için bağ yaptığını söyleyen birinci öğrenci (Ö1), kararlılık kavramının ne anlama geldiği kendisine sorulduğunda son enerji düzeyindeki elektron sayısını 8'e tamamlamış olmak, oktetini tamamlamış olmak ve elektron alıp vermek istememek şeklinde bir açıklama yapmıştır. Onuncu öğrenci (Ö10) de açıklamalarında atomların bağ yapma nedeni olarak "bileşik oluşturmak, soygaz atomları gibi kararlı olmak" gibi gerekçeler sunmuş, ancak kullandığı bu ifadeleri doğru açıklamalarla destekleyememiştir. Örneğin, atomların son yörüngelerini soygazlara benzetmek ve kararlı hale geçirebilmek için bağ yaptığını söyleyen öğrenci, kararlılık kavramının ne anlama geldiği kendisine sorulduğunda elektron almak ya da vermek istememek şeklinde bir açıklama yapmıştır. Aslında her iki öğrencinin de söylediği ifadeler bilimsel olarak doğrudur, ancak verdikleri açıklamalarda kararlılık kavramının

doğru tanımı yer almamaktadır. Bu öğrenciler *kararlılık* kavramının *daha düşük enerjiye sahip olmak* anlamını ifadelerinde hiç kullanmamışlardır. Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği Ö6 ve Ö10 ile benzer şekilde, her iki öğrencinin (Ö1 ve Ö4) de atomların bağ yapma nedenleri olarak sıraladığı maddeler; birer neden değil, bir atomda bağ yaptıktan sonra gerçekleşen değişimlerdir. Yine Ö6 ve Ö10'a benzer şekilde, bu öğrencilerin (Ö1 ve Ö4) de mülakat esnasında atomlardan bahsederken canlılara ait olan *istemek* gibi tanımlamaları sıkça kullanmaları dikkat çekmiştir. Örneklemedeki birinci ve dördüncü öğrencilerle (Ö1 ve Ö4) yapılan mülakatların ilişkili olan kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): ... atomlar neden bağ yaparlar?

(Ö1): Birleşik oluşturup, kararlı hale gelmek için.

(A): Kararlı olmak ne demek? Biraz açar mısın ifadeni?

(Ö1): Ne elektron alıp ne de elektron vermek istememeleri.

(A): Normalde kararsız mıdır atomlar?

(Ö1): Kararsızlar.

(A): Nasıl yani, normalde tüm atomlar elektron almak yada vermek mi isterler?

(Ö1): Evet. Soygazlar hariç bütün atomlar elektron almak yada vermek isterler. Bu yüzden de bağ yaparlar. Soygazlar ise bağ yapmaz.

(A): Neden soygazlar bağ yapmıyor?

(Ö1): Onların elektrona ihtiyaçları yok zaten. Son enerji düzeylerinde sekiz elektronları var.

(A): Öyle bir kural mı var; son enerji düzeyinde mutlaka sekiz elektronu olacak diye?

(Ö1): Evet, oktet kuralı. Oktetini tamamlamış olması lazım bağ yapmaması için.

(A): Bir atom oktetini tamamlayınca, son enerji düzeyindeki elektron sayısını sekize tamamlayınca ne oluyor?

(Ö1): Kararlı hale geçiyor.

(A): Anladım ama, benim sormak istediğim kararlı hale geçince ne oluyor?

(Ö1): Artık elektron alıp vermek istemiyorlar.

(A): Neden?

(Ö1): Çünkü zaten sekiz olmuş oluyor, niye bağ yapsın ki? Elektron almasına ya da vermesine gerek yok artık.

.....

(A): Atomlar neden bağ yapar?

(Ö4): Son yörüngelerini soygazlara benzetmek ve kararlı hale geçirebilmek için... Böylece son yörüngelerini sekize tamamlarlar. Soygazlarda 8 elektron var son yörüngede. Bu kurala oktet kuralı denir. Son yörüngesini 8'e tamamlama kuralı.

(A): Peki 8 olunca ne oluyor da kararlı oluyor?

(Ö4): Kendilerini soygazlara benzettiklerinde yani son yörüngelerini 8'e tamamladıklarında ne elektron almak ne de vermek isterler. Soygazlar mesela onların 8 elektronu vardır, bağ yapmazlar.

(A): Peki atomlar neden mutlaka bir bileşik oluşturup soygaz atomu gibi olmak istiyorlar? Neden oldukları gibi durmuyorlar?

(Ö4): Çünkü kararlı olmak isterler onlarda.

(A): Normalde kararsızlar mı?

(Ö4): Evet. Mutlaka ya elektron almaları ya da elektron vermeleri gerekir. Sekize tamamladıklarında artık bir şey yapmalarına gerek kalmaz.

(A): Tamam, seni diyorsun ki; atomlar sekize tamamlıyor son yörüngesindeki elektronlarını, soygaz atomlarına benziyorlar böylece. Ama benim sormak istediğim şu: niye? Yani niye soygaza benzemek istiyorlar, niye sekize tamamlamak istiyorlar?

(Ö4): Kararlı hale geçmek için.

(A): *Ne demek kararlı hale geçmek, biraz açıklar mısın?*

(Ö4): *Elektron almak ya da vermek istememek.*

(A): *Atomların böyle istekleri mi var?*

(Ö4): *Vardır tabii, mesela metaller elektron vermek ister, ametallerde almak ister.*

(A): *Yani sana göre bazı atomların elektron alma bazı atomların ise elektron verme istekleri vardır. Atomlar bu isteklerini gidermek isterler. Kararlı olmak isterler. Bu yüzden de bağ yaparlar mı diyorsun?*

(Ö4): *Evet.*

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci öğrenci (Ö5) mülakatın bu alt sorusuna bilimsel olarak doğru ve sorunun cevabı olarak kabul edilebilir açıklamalar verirken, on altıncı öğrenci Ö6, Ö10, Ö1 ve Ö4'le benzer şekilde bazı açıklamalar sunmuş, ancak sorunun doğru cevabı olarak kabul edilebilecek açıklamalar verememiştir. Beşinci öğrenci (Ö5) “*atomlar neden kimyasal bağ yaparlar?*” sorusuna başlangıçta diğer öğrenciler gibi, *atomlar soygazlara benzemek için ve kararlı olmak için bağ yaparlar* şeklinde bazı yüzeysel ve ezbere cevaplar verse de, takip eden (follow-up) sorularda bu ifadelerini zenginleştirmiş ve atomların *daha düzenli ve daha düşük enerjili olmak için molekül oluşturdıklarını* ifade etmiştir. On altıncı öğrenci (Ö16) ise açıklamalarında atomların bağ yapma nedeni olarak; “*son yörüngesini 8'e tamamlamak, soygaza benzemek, kararlı olmak*” gibi gerekçeler sunmuş, ancak kullandığı bu ifadeleri bilimsel açıklamalarla destekleyememiştir. Örneğin, *atomların son yörüngesini 8'e tamamlamak ve soygaza benzemek için bağ yaptığını* söyleyen öğrenci, *atomların böylece kararlı hale geçtiğini* söylemiş, ancak *kararlılık* kavramının ne anlama geldiği kendisine sorulduğunda, *kararlı atomlar elektron alışverişine girmezler, bağ da yapmazlar, kararlılık denilen şey son yörüngesini tamamlamaktır* şeklinde bir açıklama yapmıştır. Aslında bu öğrencinin (Ö16) söylediği ifadeler de bilimsel olarak doğrudur, ancak verdiği açıklamalarda *kararlılık* kavramının doğru tanımı yer almamaktadır. Bu öğrenci (Ö16) *kararlılık* kavramının *daha düşük enerjiye sahip olmak* anlamını ifadelerinde hiç kullanmamıştır. Ö6, Ö10, Ö1 ve Ö4'le benzer şekilde bu öğrencinin (Ö16) de atomların bağ yapma nedenleri olarak sıraladığı maddeler; birer neden değil, bir atomda bağ yaptıktan sonra gerçekleşen değişimlerdir. Yine daha önceki tüm öğrencilerde olduğu gibi (Ö6, Ö10, Ö1 ve Ö4), bu öğrencilerin de (Ö5 ve Ö16) de atomlardan bahsederken kullandıkları ifadelerde canlılara ait olan *istemek* gibi fiillerin veya duygu ifadelerinin yer aldığı ve bunların atomlara atfedildiği görülmektedir. Örneklemdaki beşinci ve on altıncı öğrenciyle (Ö5 ve Ö16) yapılan mülakatın ilişkili olan kısmı aşağıda verilmiştir.

(A): Atomlar neden bağ yapar?

(Ö5): Soygazlara benzemek için, kararlı olmak için.

(A): Atomlar soygaza neden benzemek istiyor?

(Ö5): Soygazların tüm orbitalleri doludur. Bu yüzden elektron almazlar, vermezler, kararlılıklarını bozmak istemezler. Kimyasal bir olaya da girmek istemezler tam dolu olmak için. Bu nedenle fazlası olan ya da eksikliği olan atomlar soygaza benzemek isterler.

(A): Kararlılık dediğin ne, biraz açıklar mısın?

(Ö5): Bütün orbitallerin dolu olması demek... Atomun elektron almaya ya da vermeye ihtiyaç duymaması gerekir kararlılık için. Atomlar kararlı olduklarında kimyasal olaya girmek istemezler.

(A): Peki ne oluyor bir atom kararlı olunca? Yani senin tabirinle kararsız bir atom düşünelim.

Neden kararlı olmak istiyor bu atom? Tam dolu olunca ne oluyor?

(Ö5): Şimdi... kararlı dediğim... tam dolu olması elektronların, orbitallerin daha doğrusu.

Soygazlarda tam doludur orbitaller. Bu yüzden de en kararlı haldedirler. Elektronların sayısıyla protonların sayısı eşittir.

(A): Diğer atomlarda proton ve elektron sayısı eşit değil mi?

(Ö5): Hayır, onlarda da eşit ama... benim demek istediğim, yani... atom tam dengededir. Bu yüzden soygazların daha küçüktür atom çapları mesela, aynı periyotta olduğu atomlara göre. Çekimler en üst safhada, çok güçlü.

(A): Peki ne oluyor? Tamam, senin dediğine göre soygazlar tam dengede, çekimler güçlü. Diyelim A atomu, neden böyle olmak istiyor, soygazlar gibi?

(Ö5): Çünkü doğada her şey en düzenli şekilde olmak ister. En kararlı en düşük enerjili halde. Bu atomlarda bu yüzden düzenli olan soygaz yapısına benzemek isterler.

(A): Son olarak söylediklerini toparlarsan, iki atom bağ yapıp yapıp bir molekül oluşturuyor, sence bunun nedeni nedir?

(Ö5): Molekül oluşturduklarında artık her iki atomda kararlı olacaktır, o yüzden. Daha düzenli ve daha düşük enerjili olacaktır.

.....

(A): Peki atomlar neden bağ yapar?

(Ö16): Son yörüngesini sekize tamamlamak için, soygaza benzemek için... Kararlı hale geçmeler böylece.

(A): Kararlılık ne demek, biraz açıklar mısın ?

(Ö16): Kararlı atomlar elektron alışverişine girmezler, bağ da yapmazlar... Kimyasal bağ yapmazlar aralarında... Kararlılık denilen şey son yörüngesini tamamlamaktır yani.

(A): Senin tabirinle, son yörüngesini tamamlayınca ne oluyor?

(Ö16): Sekiz olduğunda elektron alışverişi yapmazlar, bağ yapmazlar artık. Bu yüzden onlara kararlı denir galiba. Elektron alıp vermemesi onun kararlı olduğunu gösterir.

(A): Peki bu atomlar niye mutlaka kararlı olmak istiyorlar? Mevcut halleriyle dursalar olmaz mı?

(Ö16): Ama normalde kararsızlar. Yani elektron almak ister mesela bazıları, bazılarında da fazla vardır, vermek ister.

(A): Peki ne oluyor soygaz atomuna benzeyince? Atom numarası 12 olan bir atom düşünelim. Birde atom numarası sekiz olan bir atom düşünelim. Şimdi bunlar niye birleşip bir molekül oluşturuyor. Niye bu halleriyle bağ yapmadan kalmıyorlar?

(Ö16): Ya şimdi atom numarası 12 olan atomun elektron vermesi lazım soygaza benzemek için. Atom numarası sekiz olanın da elektron alması lazım. Bu iki elektron alıyor öbüründen, bağ yapıyorlar. Bu yüzden birleşiyorlar, soygaza benzemek için.

(A): Yani maksatları sadece soygaza benzemek mi diyorsun atomların?

(Ö16): Evet.

(A): Peki onların fikirleri mi var, "haydi soygaza benzeyelim de, kararlı olalım" diye düşünebiliyorlar mı?

(Ö16): ... (bir müddet susuyor)... ya, öyle değildir herhalde... ama soygaza benzemek ister bütün atomlar.

"Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Yoksa farklı oluşma şekilleri var mıdır?" sorusu öğrencilerin kimyasal bağ için verdikleri tanımın arkasından sorulan alt sorulardan ikincisidir. Bu soru ile öğrencilerin kimyasal bağları ve moleküller arası

kuvvetleri birbirinden ayırt edip edemedikleri ve onların türleri hakkında bilgi sahibi olup olmadıkları araştırılmıştır. Bu soru, onların hangi kimyasal bağ türlerini ve hangi moleküller arası kuvvetleri bildiklerinin belirlenmesi ve sonrasında bildikleri kimyasal bağ ve moleküller arası kuvvet türlerini dikkate alarak mülakatın ilerleyen aşamalarında onlara yöneltilen sorulara yön verilmesi açısından önem taşımaktadır. Mülakat yapılan öğrencilerin hepsi de kimyasal bağ türlerini ve moleküller arası kuvvetleri eksiksiz ifade edebilmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin hepsi de iyonik, kovalent ve metalik bağı aynı grupta sınıflandırırken, Van der Waals kuvvetlerini, dipol-dipol kuvvetlerini ve hidrojen bağlarını da ayrı bir grupta sınıflandırmışlardır. Ancak öğrencilerin hepsi de kimyasal bağ türlerinin ve moleküller arası kuvvetlerin isimlerini eksiksiz sıralayabilseler de, bazı öğrencilerin yaptıkları bu sınıflandırmada oluşturdukları gruplara verdikleri isimler bilimsel olarak kabul edilen isimlerden farklı olmuştur. Öğrencilerden bazıları “kimyasal bağlar” ve “moleküller arası kuvvetler” isimlerinin yerine farklı isimler kullanmışlardır. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı öğrenci (Ö6) mülakatın bu sorusuna; *kimyasal bağların atomlar arasında olduğu ve iyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağ olmak üzere üç tür kimyasal bağ olduğu* cevabını vermiş, ancak *Van der Waals bağı, dipol-dipol bağı ve hidrojen bağı* olarak türlerini sıraladığı grubu “*moleküller arası bağlar*” olarak isimlendirmiştir. Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği onuncu öğrenci (Ö10) ise mülakatın bu sorusuna; *kimyasal bağların “atomlar arası bağlar” ve “moleküller arası bağlar” olmak üzere iki çeşit olduğu* cevabını vermiş; *atomlar arası bağların iyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağ olmak üzere üç çeşit olduğunu, moleküller arası bağların da Van der Waals bağı, dipol-dipol bağı ve hidrojen bağı gibi türlerinin olduğunu* belirtmiştir. Örnekteki altıncı ve onuncu öğrencilerle (Ö6 ve Ö10) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): ... Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi gerçekleşir? Farklı şekillerde gerçekleşiyor iseler, bunları kısaca açıklayınız?”

(Ö6): Hayır. Çeşitleri vardır; iyonik, kovalent...

(A): Peki. Hepsini sayarsak, kaç tür kimyasal bağ var söyler misin?

(Ö6): İyonik bağ, kovalent bağ, bir de metalik bağ... Üç çeşit.

(A): Bunların haricinde var mı?

(Ö6): Var. Van der Waals, hidrojen bağı, dipol – dipol var bir de...

(A): Bunları niye sonradan söyledin?

(Ö6): Bunlar molekülleri bir arada tutan bağlar.

(A): Bunların ne farkı var, bunlar kimyasal bağ değil mi?

(Ö6): *Bunlar da bağ ama, bunlar moleküller arası bağlar. İyonik, kovalent, metalik... bunlar atomlar arasındaki... öyle...*

(A): *Yani kimyasal bağ hangileri şimdi?*

(Ö6): *İyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağ.*

(A): *Diğerleri?*

(Ö6): *Onlar moleküller arası bağlar.*

.....

(A): *Peki, bütün kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Cevabınızı açıklayınız?*

(Ö10): *Farklıdır. Metal-ametal arasında olan bağlar vardır. Ametal-ametal arasında olan bağlar vardır. Bir de metaller arasında vardır.*

(A): *Peki bu türlerin isimleri nelerdir, söyler misin?*

(Ö10): *İyonik bağ, kovalent bağ... Bir de metalik bağ var. Bunlar atomlar arasındaki bağlar. Moleküller arasındaki bağlar var bir de; Van der Waals, hidrojen bağı, bir de dipol-dipol.*

(A): *Bu moleküller arasındaki bağlar dediğinde kimyasal bağ mıdır?*

(Ö10): *Evet bunlarda kimyasal bağdır. Ama biri atomlar arasında, biri moleküller arasındadır.*

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrenci (Ö1) mülakatın bu sorusuna; *kimyasal bağların atomlar arasında olduğu ve iyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağ olmak üzere üç tür kimyasal bağ olduğu* cevabını vermiştir. Ayrıca *Van der Waals bağı, dipol-dipol bağı ve hidrojen bağı* olarak türlerini sıraladığı grubu “*moleküler bağlar*” olarak isimlendiren bu öğrenci, *moleküler bağlarda* elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması olmadığı için onların kimyasal bağlar olmadığını, *fiziksel bağlar* olduğunu ifade etmiştir. Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği dördüncü öğrenci ise (Ö4), kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği öğrencilerden biri olan onuncu öğrencinin (Ö10) cevabına benzer şekilde mülakatın bu sorusuna; *kimyasal bağların “atomlar arası bağlar” ve “moleküller arası bağlar” olmak üzere iki çeşit olduğu* cevabını vermiştir. *Atomlar arası bağların iyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağ olmak üzere üç çeşit olduğunu* ifade eden öğrenci, *Van der Waals bağı, dipol-dipol bağı ve hidrojen bağı gibi türlerinde moleküller arası bağlar olduğunu* belirtmiştir. Örneklemdeki birinci ve dördüncü öğrencilerle (Ö1 ve Ö4) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *... Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Cevabınızı açıkla mısınız.*

(Ö1): *İyonik, kovalent, metalik... bunlar kimyasal bağlar. Bir de moleküler bağlar var. Bunlar da; Van der Waals, dipol-dipol ve hidrojen bağı.*

(A): *Niye bunları ayrı söyledin? Bunlar kimyasal bağ değil mi?*

(Ö1): *Hayır, bunlar moleküller arasındaki bağlar. Bunlar fiziksel bağlardır. Ama iyonik, kovalent, işte bunlar kimyasal bağlardır.*

(A): *Fiziksel bağ diyerek kastettiğin nedir?*

(Ö1): *Yani bunlarda elektron alışverişi olmaz... Veya elektron ortaklaşması. Bunlar farklıdır. Bileşiğin dışından doğru bir bağ oluşur. Moleküller arasında elektron alışverişi falan olmaz. Fizikseldir yani...*

.....

- (A): Kimyasal bağlar her zaman aynı şekilde mi oluşur, yoksa farklı oluşma şekilleri var mı?
 (Ö4): Vardır. Mesela, iyonik var, Van der Waals var, dipol-dipol var.
 (A): Peki tam olarak hepsini söyler misin?
 (Ö4): İyonik bağ, kovalent bağ, metalik bağ var. Bir de Van der Waals, dipol-dipol ve hidrojen bağları var.
 (A): Peki bunların hepsi de kimyasal bağ mıdır?
 (Ö4): Evet. Ama mesela iyonik, kovalent, metalik... bunlar atomlar arasındaki bağlardır. Van der Waals, dipol-dipol, hidrojen bağı... bunlar da moleküller arası bağlardır.

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrenciler mülakatın “Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Yoksa farklı oluşma şekilleri var mıdır?” sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı ve dolayısıyla benzer cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrenci de kimyasal bağların atomlar arasında gerçekleştiğini ve iyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağ olmak üzere üç farklı türde olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, her iki öğrenci de kimyasal bağ olmadıklarını vurgulayarak moleküller arası kuvvetlerin de var olduğunu söylemişler ve bunların; Van der Waals kuvvetleri, dipol-dipol kuvvetleri ve hidrojen bağları olmak üzere üç çeşit olduğunu belirtmişlerdir. Örnekteki beşinci ve on altıncı öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

- (A): Kimyasal bağlar her zaman aynı şekilde mi oluşur, yoksa farklı oluşma şekilleri var mı?
 (Ö5): Farklı farklıdır. İyonik bağ, kovalent bağ, metalik bağ. Bunlar birbirinin aynı değildir tabii ki.
 (A): Bunların haricinde var mı?
 (Ö5): Yok.
 (A): Peki, sen bir de moleküller arasında kuvvetler var demiştin az önce, onlar nelerdi?
 (Ö5): Onlar; Van der Waals, dipol-dipol, bir de hidrojen
 (A): Bunları saymadığına göre, bunlar kimyasal bağ değil diyorsun yani sen dimi?
 (Ö5): Evet. Bunlar moleküller arasındaki kuvvetler. Kimyasal bağlar atomlar arasında olur. Bunlar moleküller arasında.

.....

- (A): Kimyasal bağlar her zaman aynı şekilde mi oluşur, yoksa farklı oluşma şekilleri var mı?
 (Ö16): Kimyasal bağlar 3 çeşittir. Bunlar atomlar arasında olur. İyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağ.
 (A): Bunların haricinde bağlar var mı?
 (Ö16): Kimyasal bağ değil de, moleküller arasında var bir de kuvvetler. Moleküller arası kuvvetler var. Onları da söyleyeyim mi?
 (A): Bunlar kimyasal bağ değil mi?
 (Ö16): Hayır.
 (A): Onların isimleri neler?
 (Ö16): Dipol-dipol kuvvetleri, Van der Waals kuvvetleri, bir de hidrojen bağları. Bunlara da moleküller arası kuvvetler denir.

2. Soru: İyonik bağ hangi tür atomlar arasında meydana gelir?

Mülakatın ikinci sorusu, mülakatın “*Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Yoksa farklı oluşma şekilleri var mıdır?*” sorusuna cevap verirken ve kimyasal bağın oluşum şekillerini açıklarken iyonik bağdan bahseden öğrencilere sorulmuştur. Nitekim, mülakat yapılan öğrencilerin hepsi de kimyasal bağların isimlerini sayarken iyonik bağdan bahsetmişlerdir. Öğrencilerin iyonik bağın hangi tür atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili anlamalarını araştıran bu soruya, örneklemdaki öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin de iyonik bağ ile kovalent bağı birbirine karıştırdıklarını ve iyonik bağla ilgili kendilerine sorulan bu soruya aslında kovalent bağ için doğru olan cevaplar verdiklerini göstermektedir. Mülakat yapılan altıncı öğrencinin bu yanılgısı, daha mülakatın ilk sorusunda verdiği cevaplardan da anlaşılmaktadır. Bu soruya her iki öğrenci de *iyonik bağın ametaller arasında gerçekleştiği* cevabını vermişlerdir. Örneklemdaki altıncı ve onuncu öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): ... Evet, ilk olarak iyonik bağ yazmışsın, kimyasal bağın türü olarak. Hangi tür atomlar arasında meydana gelir iyonik bağ dediğin?

(Ö6): Ametaller arasında.

(A): İki ametal arasında mı yani?

(Ö6): Evet. İkisinin de elektron ihtiyacı olması gerekir. İkisinin de ametal olması lazım.

.....

(A): ... Evet, kimyasal bağın ilk gerçekleşme şekli olarak iyonik bağı söylemiştin. Şimdi onunla ilgili birkaç soru sorayım sana. Hangi tür atomlar arasında meydana gelir iyonik bağ?

(Ö10): Ametaller arasında.

(A): Ametal ile?

(Ö10): Ametal ile ametal arasında, kendi aralarında yani.

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci ve dördüncü öğrenciler (Ö1 ve Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Bu soruya

her iki öğrenci de *iyonik bağın metal atomları ile ametal atomları arasında gerçekleştiği* cevabını vermişlerdir. Örneklemdaki birinci ve dördüncü öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): ... Peki, iyonik bağ hangi tür atomlar arasında meydana gelir?

(Ö1): Metallerle ametaller arasında meydana gelir. Metaller bir elektronunu ametallere vererek kararlı hale geçerler.

(A): Bir elektron mu veriyor her zaman?

(Ö1): Kararlı hale gelmesi için ne kadar gerekli ise o kadar verir.

.....

(A): ... İyonik bağ deyince aklına neler geliyor? Mesela önce şundan başlayalım: hangi tür atomlar arasında oluşur iyonik bağ?

(Ö4): Metallerin ametallere elektron vermesiyle oluşan bağlıdır. Örneğin $MgCl_2$, $NaCl$ de iyonik bağ vardır.

(A): Yani hangi tür atomlar arasında?

(Ö4): Metallerle ametaller arasında...

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği öğrenciler gibi, kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrenciler de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Bu soruya her iki öğrenci de *iyonik bağın metal atomları ile ametal atomları arasında gerçekleştiği* cevabını vermişlerdir. Örneklemdaki beşinci ve on altıncı öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki, birinci olarak iyonik bağı yazdın kağıdına. Ne aklına geliyor iyonik bağ deyince? Öncelikle şunu sorayım: hangi atomlar arasında meydana gelir?

(Ö5): İyonik bağ metallerle ametaller arasında gerçekleşiyor. Sodyum klorür mesela. Sodyum ve klor birleşiyorlar ve yemek tuzunu oluşturuyorlar.

.....

(A): ... İlk olarak iyonik bağ dedin. Nedir iyonik bağ? Hangi atomlar arasında gerçekleşir?

(Ö16): İyonik bağlar metallerle ametaller arasında olur. İyonik bağlı bileşikler katı haldedirler.

(A): Hangi tür atomlar arasında yani?

(Ö16): Bir metal ve bir ametal arasındaysa iyonik bağlıdır.

“İyonik bağ neden bu tür atomlar arasında oluşur?” alt sorusu, öğrencilerin ifade ettikleri atomlar arasında neden böyle bir bağlanmanın gerçekleştiğini düşündükleriyle ilgili görüşlerini araştırmaktadır. Başka bir deyişle öğrencilerin mülakatın “*iyonik bağ hangi tür atomlar arasında meydana gelir?*” sorusuna verdikleri cevaplar için nedenlerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *iyonik bağın elektron alışverişi sayesinde gerçekleşmesi nedeniyle, sadece en son enerji*

düzeyinde elektron fazlası olan metal atomları ile son enerji düzeyinde elektron eksikliği olan ametaller arasında gerçekleşebileceğini ifade etmeleridir. Mülakatın bu sorusuna örneklemedeki öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanlışlarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanlışlığı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin de iyonik bağ ile kovalent bağı birbirine karıştırdıklarını ve iyonik bağla ilgili kendilerine sorulan bu soruya aslında kovalent bağ için doğru olan cevaplar verdiklerini göstermektedir. Ancak bu öğrencilerin kavramları karıştırdıkları ve açıkladıkları bağ türünü yanlış adlandırdıkları düşünülürse, her iki öğrencinin de metallerin ve ametallerin özelliklerini açıklarken kullandıkları ifadeler bilimsel bilgilerle tutarlıdır. Her iki öğrenci de bu soruya cevap verirken; *ametallerin elektron eksikliği olduğu, bu nedenle iki ametallerin elektronlarını ortaklaşa kullanarak iyonik bağ yapabileceği ve iyonik bağın sadece elektron eksikliği olan ametaller arasında gerçekleşebileceği* şeklinde açıklamalar yapmışlardır. Örneklemedeki altıncı (Ö6) ve onuncu (Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(Ö6): ... İkisinin de ametaller olması lazım.

(A): Peki neden? İyonik bağ neden iki tane ametaller atomu arasında gerçekleşiyor?

(Ö6): Öyle, kuralı bu. Metallerle ametaller arasında kovalent bağ vardır. Ametallerin kendi arasında da iyonik bağ?

(A): Peki şöyle sorayım: senin dediğinden yola çıkarak soruyorum: neden mesela metalle ametaller atomu arasında iyonik bağ gerçekleşmiyor da kovalent bağ gerçekleşiyor?

(Ö6): Kovalent bağ elektron alışverişi sayesinde gerçekleşir. Atomlardan birinin elektron vermesi lazım. Fazla elektronunun olması lazım orbitallerinde. Öbürünün de eksikliği olması gerekir. Orbitallerinde elektron eksikliği olması gerekir. İyonik bağda da her ikisinin de eksikliği olması lazım. Ametallerin boş orbitalleri olduğu için genelde. Eksik olduğu için elektronları... Bu nedenle elektron almak isterler ama ikisi de ametaller olduğu için elektron veremezler birbirine, elektronlarını ortak kullanmaları gerekir. İyonik bağ oluşur böylece.

(A): Yani şunu mu demek istiyorsun: iyonik bağ elektronların ortaklaşa kullanılması şeklinde gerçekleştiği için biri metaller, diğeri ametaller olan iki atom arasında gerçekleşemez. Doğru mu anlamışım?

(Ö6): Evet. Metaller elektron vermek ister, ametallerin ise elektron alma isteği vardır. Bu yüzden kararlı hale geçmek isterler ve kovalent bağ yaparlar.

(A): Peki ben sorumu tekrar sorayım. Aslında cevap verdin ama biraz karıştı sanki. Sen bütün söylediklerini düşünerek, bu söylediklerini daha derli toplu bir şekilde ifade edersin. İyonik bağ neden iki tane ametaller atomu arasında gerçekleşir?

(Ö6): ... İyonik bağ ametaller ametaller arasında gerçekleşir. Çünkü ikisinin de ametaller olması lazım ki aralarında elektron alışverişi... şey, yanlış söyledim.. ortaklaşması olsun. Ametallerin elektron alma

isteği vardır. Başkasından da alamadıkları için ortaklaşa kullanırlar elektronlarını. Metallerle ametaller arasında olmaz çünkü o zaman kovalent bağ olur... Bu kadar.

.....

(Ö10): Ametal ile ametal arasında, kendi aralarında yani.

(A): Peki neden? İyonik bağ neden iki ametal atomu arasında gerçekleşiyor? Neden başka atomlar arasında değil? Ne özelliği var ametallerin?

(Ö10): Ametallerin elektron almaları gerekir kararlı olmak için. Bu nedenle, eğer ortamda metaller yoksa, birbirlerinden alamazlar, çünkü ikisinin de eksigi vardır. Bu yüzden elektronlarını ortaklaşa kullanırlar.

(A): Peki ama benim sormak istediğim şu: metallerle ametaller arasında niye gerçekleşmiyor iyonik bağ?

(Ö10): Ama metallerin zaten elektron fazlası var. Ametallerin de eksigi olduğu için, bu metal yanındaki ametal atomuna elektron verir. Dolayısıyla kovalent bağ olur öyle olunca.

(A): Ametallerin özelliği ne? Onlar neden iyonik bağ yapıyor?

(Ö10): Ametallerin elektron eksigi vardır. Elektron almak isterler bunlar soygaza benzemek için. Kendi aralarında, birbirlerinden de alamadıkları için, hepsinin ihtiyacı olduğu için, ortaklaşa kullanırlar.

(A): Nitekim, çok kısa cevap istiyorum senden. Neden iyonik bağ metaller arasında gerçekleşir?

(Ö10): İki de ametal olduğu için

(A): Bir de şöyle sorayım: neden iyonik bağ yapabilecek atomlar ametal atomlarıdır? İyonik bağ yapabilmek için ne gibi bir özelliğe sahip atom olmak gerekiyor?

(Ö10): ... Elektron eksigi olmak. İkisinin de elektron eksigi olması gerekir iyonik bağ için.

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci ve dördüncü öğrenci (Ö1 ve Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrenci de iyonik bağın elektron alışverişi şeklinde gerçekleştiğini, bu nedenle atomlardan birinin bağ oluşumu sırasında genellikle elektron veren bir atom, yani metal atomu olması gerektiğini, ve diğerinin ise bağ oluşumu sırasında genellikle elektron alan bir atom, yani ametal atomu olması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bahsedilen bu üç özellik, aynı sıralamayla olmasa da, her iki öğrencinin de mülakat sorusuna verdikleri açıklamalar içerisinde yer almıştır. Örneklemdaki birinci (Ö1) ve dördüncü (Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki, iyonik bağ neden metallerle ametaller arasında gerçekleşiyor? Nedir bu atomların özellikleri?

(Ö1): Metaller elektron verme eğilimiyle soygaza benzemek isterler. Ametallerde elektron alarak soygaza benzemek isterler. Aralarında elektron alıp verdikleri için de bağ yaparlar. İyonik bağ yaparlar yani.

(A): Peki benim sormak istediğim şu: neden mutlaka birinin metal, diğerinin ametal olması gerekiyor? İki ametal arasında olmaz mı mesela?

(Ö1): Birinin vermesi, diğerinin alması lazım. Ametal olsa ikisi de, o zaman ikisi de alma eğiliminde oldukları için bunlar iyonik bağ yapmazlar. Ortaklaşa kullanırlar elektronlarını, bu yüzden kovalent bağ yapar onlar.

(A): Yani demek istiyorsun ki: mutlaka birinin elektron alıp diğerinin de elektron vermesi lazım. Elektron vermeye eğilimli olanlar metal atomlarıdır. Elektron alma eğiliminde olanlar da ametal atomlarıdır. Doğru mu anladım?

(Ö1): *Evet, sadece metalle ametal arasında gerçekleşir. Mesela başka atom olsa... mesela ikisi de ametal olsa, olmaz o zaman, kovalent olur. Birinin vermek istemesi, diğerinin de almaya istekli olması gerekir.*

.....

(A): *Peki neden metal ve ametaller arasında iyonik bağ oluşuyor?*

(Ö4): *Metaller soygaza benzemek için genellikle elektron verirler. Periyodik cetvelde soygazdan sonra geldikleri için elektron vermek isterler. Ametaller ise almak isterler. Ametaller periyodik tabloda soygaza yakın oldukları için, onlardan hemen önce yer aldıkları için almak isterler. Bu yüzden iyonik bağ oluştururlar.*

(A): *Peki neden metallere ametal arasında gerçekleşiyor iyonik bağ? Neden iki ametal arasında gerçekleşmiyor?*

(Ö4): *Metaller elektron vererek kararlı hale geçmek isterler, ametaller de alarak. Bu yüzden ikisi birlikte iyonik bağ oluşturuyorlar. Ama ikisi de ametal olsa, kim verecek? İkisi de almak ister. Onların arasında kovalent bağ olur. İyonik bağ... ancak birinin elektron alması birinin de elektron vermesi gerekir. Ancak böyle oluşur iyonik bağ.*

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği öğrenciler gibi, kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrenciler de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrenci de *iyonik bağın elektron alışverişi şeklinde gerçekleştiğini*, bu nedenle *atomlardan birinin bağ oluşumu sırasında genellikle elektron veren bir atom, yani metal atomu olması gerektiğini*, ve *diğerinin ise bağ oluşumu sırasında genellikle elektron alan bir atom, yani ametal atomu olması gerektiğini* ifade etmişlerdir. Bahsedilen bu üç özellik, aynı sıralamayla olmasa da, her iki öğrencinin de mülakat sorusuna verdikleri açıklamalar içerisinde yer almıştır. Her iki öğrencinin cevapları da, kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği öğrencilerin cevaplarıyla olduğu gibi, büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Ancak mülakatın bu sorusuna verilen on altıncı öğrencinin (Ö16) verdiği açıklamalarda önemli bir husus dikkat çekmiştir. On altıncı öğrenci (Ö16) mülakatın bu sorusu için yaptığı açıklamalarda, daha önce “*Atomlar neden bağ yapar?*” sorusunu cevaplarken kullandığı *yörünge* kavramı yerine *son enerji düzeyi* kavramını kullanmıştır. Örneklemdaki beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Peki, neden metallere ametaller arasında gerçekleşiyor iyonik bağ?*

(Ö5): *Metaller elektron vermek isterler, ametaller de almak isterler, o yüzden.*

(A): *İki tane ametal olsa, iyonik bağ oluşur mu aralarında?*

(Ö5): *Hayır. Kovalent olur o zaman. İkisinin de elektrona ihtiyacı var. Elektronlarını ortak kullanırlar.*

(A): *Benim sormak istediğim şu aslında: iyonik bağ neden bir metal ile ametal atomu arasında oluşuyor da, iki tane ametal arasında oluşmuyor?*

(Ö5): *Şimdi... Bazı atomlar elektron almak isterler, bazıları da elektron vermek isterler. İyonik bağ işte bu tür atomlar arasında oluşur. Çünkü birinin diğerine elektron vermesi diğerinin de alması gerekir. Elektron verebilmesi için bir atomum metal olması lazım. Aynı şekilde, elektron alabilmesi*

için öbürünün de ametal olması lazım. İkisi de metal olursa, ikisi de veremez. O da veremez, çünkü elektron eksikliği var. Öbürü de veremez, aynı şekilde. Bu yüzden birinin fazlası, diğerinin eksikliği olması gerekir. İşte bu yüzden en uygun olanlar bir metalle bir ametal. İkisi arasında olur iyonik bağ.

.....

(A): Neden metallere ametaller arasında gerçekleşir iyonik bağ?

(Ö16): Çünkü metallere elektron vermek isterler, ametaller de almak isterler. Kararlı olmak isterler hepsi de.

(A): Kararlı olmak ne demek? Açıklamıştın gerçi ama, bahsi geçti, bir daha açıklar mısın?

(Ö16): Ne elektron almak ne elektron vermek demek. Metaller elektron almazlar elektron vermeye yatkındırlar. Ametaller de elektron almaya yatkındırlar. Onlar da son yörüngelerini sekize tamamlarlar oktet kuralına uymak için.

(A): Oktet kuralı dedin ilk defa. Bunu daha önceki “atomlar neden bağ yapar” sorusunda bahsetmemiştin. Oktet kuralı nedir?

(Ö16): Son enerji düzeyindeki elektron sayısını sekize tamamlamaktır. Bütün atomlar son enerji düzeyindeki elektron sayısını sekize tamamlayıp soygaza benzemek isterler. Soygazların son enerji düzeyi sekiz olduğu için.

(A): Bir şey dikkatimi çekti. Sen daha önce son yörüngesini sekize tamamlamak demiştin. Şimdi son enerji düzeyi diye bir şey söyledin. O nedir? İkisi aynı şey mi?

(Ö16): Enerji düzeyi... Bu; işte bir atomun elektron dizilişini yazarken $1s^2, 2s^2$ falan diye yazıyoruz ya... İşte bu 1, 2 diye yazdığımız şeyler. En büyük kaç kadar varsa, o son enerji düzeyi oluyor. Birinci enerji düzeyinde 2, ikinci enerji düzeyinde 8, ondan sonra hep sekiz, sekiz diye gidiyor.

(A): Peki yörüngeyle aynı şey mi?

(Ö16): Himm... Hayır.

(A): Hangisi doğru o zaman söylediklerinin? Son enerji düzeyini mi sekize tamamlıyorlar, son yörüngesini mi?

(Ö16): Son enerji düzeyini olması lazım. Yörünge yanlış kalmış aklımda.

(A): Yörünge ne demek?

(Ö16): Atomların dolaştığı çizgiler... Ama onların olmadığı anlaşıldı. Yanlış kalmış aklımda.

(A): Neyse biz sorumuza geri dönelim. İyonik bağ neden metalle ametal arasında gerçekleşir? İyonik bağ mesela ametalle ametal arasında niye gerçekleşmiyor?

(Ö16): İyonik bağın olması için elektron ortaklaşması gerekir. Bu yüzden de iyonik bağ elektron vermek isteyen metallere, almak isteyen ametal arasında gerçekleşir. Ametaller arasında olamaz çünkü onların ikisinin de elektrona ihtiyacı var. Onlar arasında ancak elektron ortaklaşması olur. İyonik bağ, yani elektron alışverişi olmaz.

“İyonik bağ bu tür atomlar arasında nasıl gerçekleşir?” alt sorusu, öğrencilerin iyonik bağın gerçekleştiğini ifade ettikleri atomlar arasında nasıl gerçekleştiğiyle ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Başka bir deyişle öğrencilerin iyonik bağın yapısıyla ilgili anlamalarını derinlemesine olarak araştırmayı amaçlamaktadır. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında iyonik bağın elektron alışverişi sayesinde gerçekleştiğinden, kararlı hale geçebilmek için metal atomlarının elektron vererek (+) yüklü olduğundan, ametal atomlarının ise elektron alarak (-) yüklü olduğundan ve iyonik bağın da bu iki yüklü atom arasındaki elektriksel bir çekim kuvveti olduğundan bahsetmeleridir. Mülakatın bu sorusuna örneklemedeki öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerekleştiiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılığı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin de iyonik bağ ile kovalent bağı birbirine karıştırdıklarını ve iyonik bağla ilgili kendilerine sorulan bu soruya aslında kovalent bağ için doğru olan cevaplar verdiklerini göstermektedir. İyonik bağın nasıl gerekleştiiğinin sorulduğu bu soruya, aslında kovalent bağın nasıl gerekleştiiğini açıklarak cevap veren altıncı ve onuncu öğrencilerin yaptıkları açıklamalarda; *iyonik bağın elektron ortaklaşması şeklinde gerekleştiiği, son enerji düzeyinde elektron eksiiği olan ametaller arasında gerekleştiiği, iki ametal atomunun da birbirlerinin ortak kullandıkları elektronlarını çekmesinden dolayı bağlanmanın oluştuuğu ve bu nedenle bir arada durdukları* şeklindeki ifadelere rastlanılmıştır. Mülakat sırasında öğrencilere sorulan “*iyonik bağı bir örnek üzerinde açıklar mısınız?*” şeklindeki takip eden (follow-up) soruya altıncı öğrenci (Ö6) su (H_2O) örneğini verirken, onuncu öğrenci *hidroklorik asit (HCl)* örneğini vermiştir. Ayrıca öğrencilerden verdikleri örnekte iyonik bağın nasıl gerekleştiiğini çizerek açıklamalarının istendiği diğer bir takip eden (follow-up) soruya, altıncı öğrenci (Ö6) su molekülünün Lewis nokta yapısını çizerek cevap verirken, onuncu öğrenci (Ö10) soruya hidrojen klorür için zihninde düşündüğü modeli çizerek cevap vermiştir. Altıncı ve onuncu öğrencilerin ön ve son testlerde grafitin elektrik iletkenliğiyle ilgili bazı yanlış anlamalara sahip olduklarının belirlenmesinin üzerine, mülakatın bu sorusunun devamında onlara grafitin elektrik iletkenliğinin sebebi sorulmuştur. Her iki öğrenci de iyonik ve kovalent bağı karıştırdıkları için mülakatın ikinci ana sorusunun devamında sorulan bu soruya, altıncı öğrenci “*hatırlamıyorum*” şeklinde cevap verirken, onuncu öğrenci *grafitin elektrik iletkenliğinin sebebinin; yapısında bağ yapmayan ve boşta olan atomların bulunması* olduğunu ifade etmiştir. Örneklemeindeki altıncı (Ö6) ve onuncu (Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Peki iyonik bağ ametaller arasında oluşur diyorsun sen. Nasıl oluşuyor bu atomlar arasında, daha ayrıntılı açıklar mısın? Örnekler verebilirsin, şekil çizebilirsin anlatırken.*

(Ö6): *Mesela H_2O .*

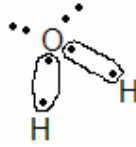
(A): *Nasıl oluşuyor iyonik bağ, bu örnek üzerinde anlat bakalım.*

(Ö6): *Oksijenin atom numarası kaç?*

(A): *Sekiz. Hidrojenin ki de 1.*

(Ö6): *Tamam. ... (öğrenci elektronik konfigürasyonlarını yazdı atomların) ... Oksijenin 2 elektrona ihtiyacı var kararlı hale geçmek için. Hidrojenin de 1 elektron alması gerekiyor. İki tane hidrojen atomu ile bunlar birer elektronu ortaklaşa kullanırlar. Böylece hem hidrojenler hem de oksijenler kararlı hale geçerler.*

- (A): Peki bu olayı çizerek anlatabilir misin?
 (Ö6): (Şekil 7'yi çizdi)
 (A): Şimdi bu şeklini açıklar mısın?
 (Ö6): Hidrojenle oksijen bir elektronlarını ortaklaşa kullanırlar. Bir de oksijen bu hidrojenle de elektronunu ortaklaşa kullanır. Hepsi de kararlı hale geçer.
 (A): Peki bunlar elektronlarını ortaklaşa kullandılar. Nasıl oldu da bir arada duruyorlar. Aralarındaki çekim neden oluştu?
 (Ö6): İkisi de ortak kullandıkları için elektronları bir arada durmaları gerekir bu atomların... Ortak kullandıkları elektronları her iki atom da çekiyor. Hidrojen de çekiyor. Oksijen de çekiyor. Aralarında bir çekim oluşuyor yani. Dolayısıyla mecbur bir arada olacaklar.
 (A): Peki grafiti biliyor musun?
 (Ö6): Evet.
 (A): Grafitin yapısı nasıldır?
 (Ö6): Karbon atomlarından oluşuyordu ama tam bilmiyorum.
 (A): Grafit elektriği iletir mi?
 (Ö6): İletir. Grafit iletliyordu, ama elmas iletmiyordu.
 (A): Nasıl iletiyor biliyor musun?
 (Ö6): Bilemeyeceğim. Öğrenmiştik aslında ama unuttum.



Şekil 7. Altıncı öğrencinin iyonik bağa örnek olarak çizdiği H₂O molekülünün şekli

-
- (A): Peki nasıl oluşuyor iyonik bağ bu söylediğin atomlar arasında?
 (Ö10): Ametallerin elektron eksikliği vardır. Elektron almak isterler bunlar, soygaza benzemek için. Bu nedenle de elektronlarını ortaklaşa kullanırlar.
 (A): Peki nasıl bağ yapıyorlar? Biraz daha detaylı anlatır mısın.
 (Ö10): Bunlar ortaklaşa kullanıyorlar elektronlarını, çünkü ikisi de almak ister soygaza benzemek için. Verecek biri de olmadığı için ortaklaşa kullanırlar elektronlarını. Ortaklaşa kullandıkları için de iyonik bağ olur aralarında.
 (A): Peki bir örnek üzerinde açıklayabilir misin? Şekil çizebilirsin.
 (Ö10): HCl mesela. Hidrojende 1 tane elektron var. Klorda 17 tane. (atomların elektronik konfigürasyonlarını yazdı)... Hidrojenin son enerji düzeyinde 1 tane elektronu var. Klorun da 7 tane var. Bunlar veremeyeceği için birbirlerine, elektronlarını ortaklaşa kullanırlar. Ametalle ametal arasında olduğu için de iyonik bağ oluştururlar.
 (A): Peki bu olayı çizerek anlatabilir misin?
 (Ö10): (Şekil 8'i çizdi)
 (A): Şimdi bu şeklini açıklar mısın?
 (Ö10): Burada hidrojen bu bir elektronunu klor da bu son enerji düzeyindeki elektronlardan birini ortak kullanırlar. Böylece bağ oluşturuyorlar. Artık hidrojenin 2 elektronu olmuş oluyor, şöyle... (çizdiği şekilde hem hidrojenin elektronunu hem de klorun bir elektronunu içine alacak şekilde büyük bir yuvarlak çizdi). Klorunda sekiz olmuş oluyor, o da şöyle... (çizdiği şekilde hem klorun bütün elektronlarını hem de hidrojenin bir elektronunu içine alacak şekilde büyük bir yuvarlak çizdi)
 (A): Peki bunlar elektronlarını ortaklaşa kullandılar. Nasıl oldu da bir arada duruyorlar. Aralarındaki çekim neden oluştu?
 (Ö10): İkisi de ortak kullandıkları için elektronları. Bu hidrojen klorun bir elektronunu çekiyor. Klorda hidrojeni bir elektronunu çeker. Böylece bağ yapmış olurlar.
 (A): Peki ben sana biraz daha farklı bir soru soracağım şimdi. Grafiti duydun mu?
 (Ö10): Evet.
 (A): Grafitte hangi bağ var?
 (Ö10): Bilmiyorum. Kovalentti galiba. Karbon atomları arasında olduğuna göre.
 (A): Karbon metal miydi, ametal mi?

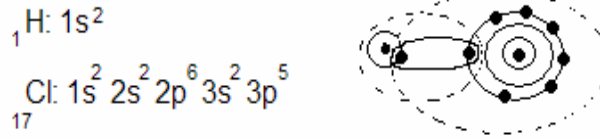
(Ö10): *Bilmiyorum. Periyodik tablodan bakalım... (periyodik tablodan baktı)... Ametalmiş. O zaman iyonik.*

(A): *Peki grafit elektriği iletir mi?*

(Ö10): *İletiyordu. Elmas iletmiyordu, grafit iletliyordu.*

(A): *Nasıl iletliyordu grafit elektriği, biliyor musun?*

(Ö10): *Elmasta karbon dört bağ yapıyordu. Grafitte ise üç bağ yapıyordu. Bu yüzden bir tane karbon atomu boşta kalıyordu. İşte boşta kalan bu atomlar sayesinde grafit elektriği iletliyordu.*



Şekil 8. Onuncu öğrencinin iyonik bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve HCl şekli

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrencinin (Ö1) mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalar içerisinde bazı kavram yanlışları yer almasına rağmen, dördüncü öğrenci (Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı açıklamalar vermiştir. Birinci öğrenci (Ö1) açıklamalarında; *metal atomlarının son enerji düzeylerinde elektron fazlası olduğundan, ametal atomlarının ise son enerji düzeylerinde elektron eksikliği olduğundan* ve bu nedenle *metal atomlarının ametal atomlarına elektron vermesiyle iyonik bağın oluştuğundan* bahsetmiş olmasına rağmen, *atomların bir arada durma sebebinin elektronlar olduğunu* düşünmektedir. Birinci öğrencinin sahip olduğu bu yanlışlığa mülakatın birinci sorusu olan “*Kimyasal bağ nedir? Kimyasal bağı tanımlar mısın?*” sorusuna verdiği açıklamalarda da rastlanılmıştır. Dördüncü öğrenci (Ö4) iyonik bağın metal ve ametal atomları arasında nasıl gerçekleştiğiyle ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yapmış ve cevabında; *iyonik bağın metallerin ametallere elektron vermesiyle oluştuğundan* ve *iyonik bağın bu elektron alışverişi sonucu artı ve eksi yüklü olan atomlar arasındaki elektriksel bir çekim olduğundan* bahsetmiştir. Her iki öğrenci de iyonik bağ için *sodyum klorür (NaCl)* örneğini vermiş ve açıklamalarını bu örnek üzerinden yapmışlardır. Ayrıca her iki öğrenci de iyonik bağın nasıl gerçekleştiğini verdikleri örnek üzerinde açıklarken çizim yapmışlardır. Birinci öğrenci (Ö1) iyonik bağ için verdiği sodyum klorür örneğinin Lewis nokta yapısını çizerek bağ oluşumunu açıklarken, dördüncü öğrenci (Ö4) soruya sodyum klorür için zihninde düşündüğü modeli çizerek cevap vermiştir. Örnekleme birinci (Ö1) ve dördüncü (Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki nasıl oluyor iyonik bağ bu söylediğin atomlar arasında?

(Ö1): ... Metallerde fazla elektron var, son enerji düzeylerinde. Ametallerin de eksik. Bu yüzden; metaller elektron vererek kararlı hale geçmek isterler. Ametaller de alarak. İki birlikte iyonik bağ oluştururlar.

(A): Biraz daha ayrıntılı açıklar mısın? Nasıl oluyor bu atomlar arasında? Örnekler verebilirsin, şekil çizebilirsin anlatırken.

(Ö1): NaCl mesela. Sodyumun atom numarası kaçtı? ... (yanında bulunan periyodik tablodan baktı)... Atom numarası 11. Klorun da 17... (elektronik konfigürasyonları yazdı)... Burada sodyum kararlı hale geçmek için buradaki bir elektronunu ($3s^1$ deki elektronu kastederek) kloru verir. Klor da elektronu alır, kararlı hale geçecek çünkü. Bu elektron (sodyumun $3s^1$ 'deki elektronundan bahsediyor), buraya (klorun $3p^5$ orbitalini kastediyor) gider yani (Şekil 9'da verilen elektronik konfigürasyon üzerinden anlatıyor).

(A): Tamam verdi diyelim. Birbirlerini niye çekiyorlar, bu çekim nasıl oluyor peki ?

(Ö1): (Şekil 9'daki Lewis yapısını çizdi)

(A): (yuvarlak içine aldığı elektronları kastederek) Bu yuvarlağı niye yaptın, elektron mu onlar? Bağ mı göstermek istedin?

(Ö1): Evet.

(A): Elektronlar mı birbirini çekiyor?

(Ö1): Evet.

(A): Elektronlar hangi yükle yüklüydü?

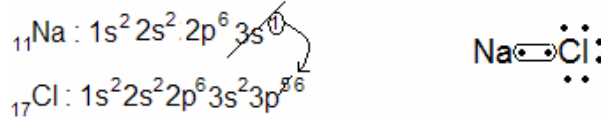
(Ö1): İki de eksi yüklü?

(A): Birbirini çekerler mi?

(Ö1): İmesi gerekir aslında ama... (bir müddet sustu)... Bilmiyorum

(A): Bu çekim nasıl oluyor aralarındaki, ne diyeceksin ?

(Ö1): Metal elektron veriyor, ametal de alıyor. Elektron alışverişi yapıyorlar. Ama aralarındaki çekim kuvveti niye oluyor bilemeyeceğim.



Şekil 9. Birinci öğrencinin iyonik bağ açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli

.....

(A): Nasıl gerçekleşir peki iyonik bağ?

(Ö4): Metallerin ametallere bir elektron vermesiyle aralarında bir çekim kuvveti oluşur. Bu çekim kuvvetine iyonik bağ denir. Elektron alışverişiyle oluyor yani

(A): Peki bir örnek vererek açıklayabilir misin? Elindeki kağıdı kullanabilirsin; üzerine yazabilirsin, şekil çizebilirsin.

(Ö4): NaCl mesela. NaCl'de sodyum atomu kloru bir elektron verir. Klorda alır. Biri artı, öbürü eksi yüklü olur.

(A): Biraz daha detaylı açıklar mısın?

(Ö4): (sodyumun ve klorun elektron konfigürasyonunu yazdı ve Şekil 10'i çizdi)... burada sodyum 11'dir. Bir elektronunu vermesi lazım soygaza benzemek için. Bir tane elektronu var son enerji düzeyinde. Klor da 17. Onun da bir tane elektron alması lazım, 18 olmak için. Son enerji düzeyinde 7 elektronu var klorun. Sodyum 1 elektronunu kloru verir. Klorda 8 elektron olur ve soygaza benzerler. Burada aralarında da bağ oluşur.

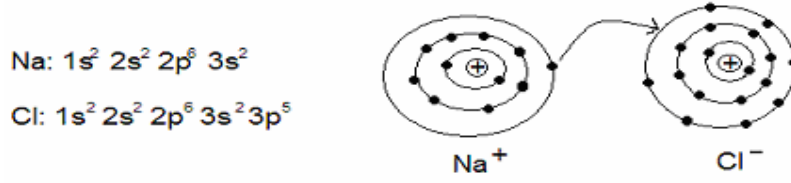
(A): Niye oluyor bu bağ?

(Ö4): Şimdi atomlar soygaza benzediler. Kararlı oldular. Elektron alıp vermek istemezler artık. Bu yüzden aralarında bağ oluştu. Sodyum bir elektronunu kloru vererek aralarında bağ yaptılar...

(A): Atomlar kararlı oldular diye mi birbirlerini çekiyorlar?

(Ö4): Hayır... Ya nasıl anlatsam...elektiriksel çekim var aralarında ama...nasıl göstersem bilmiyorum... Bir dakika aklıma geldi şimdi. Şimdi bu (sodyum atomunu kastederek) elektron verdiği için artı yüklü oluyor. Bu da (klor atomunu kastederek) eksi yüklü olduğu için birbirini çekiyorlar. Biri (sodyumu kastediyor) pozitif yüklü oluyor, klorda negatif yüklü olduğu için, elektron aldığı için,

böylece pozitif ve negatif yüklü bu atomlar birbirini çekiyorlar. Çekim zıt yüklü oldukları için oluşuyordu. Yani iyonik bağ zıt yüklerden kaynaklanan bağdı.



Şekil 10. Dördüncü öğrencinin iyonik bağ açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrencilerin her ikisi de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı açıklamalar vermişlerdir. Her iki öğrenci de (Ö5 ve Ö16) açıklamalarında; *iyonik bağın metallerin ametallere elektron vermesiyle oluştuğundan ve iyonik bağın bu elektron alışverişi sonucu artı ve eksi yüklü olan atomlar arasındaki elektriksel bir çekim olduğundan* bahsetmiştir. Hem Ö5 hem de Ö16 iyonik bağ için *sodyum klorür (NaCl)* örneğini vermiş ve açıklamalarını bu örnek üzerinden yapmışlardır. Bu açıklamalar esnasında, hem diğer öğrencilerden hem de Ö16'dan farklı olarak, Ö5 elektron vererek artı yüklü olan metal atomu ve elektron alarak eksi yüklü olan ametal atomu için *iyon* kavramını kullanmıştır. Ayrıca her iki öğrenci de iyonik bağın nasıl gerçekleştiğini verdikleri örnekler üzerinde açıklarken zihinlerinde düşündükleri modelleri çizmişler ve bu çizimler üzerinden iyonik bağ oluşumunu açıklamışlardır. Örneklemdeki beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Nasıl gerçekleşir peki iyonik bağ?

(Ö5): Metaller elektron vermek isterler, ametaller de elektron almak isterler. Metal bir elektronunu ametale verir. Böylece aralarında iyonik bağ oluşur. Çünkü birinin diğerine elektron vermesi diğerinin de alması gerek.

(A): Ne oluyor metal ametale elektron verince? Aralarında bağ niye oluşuyor?

(Ö5): Zıt yüklü oluyorlar. Metal elektron verdiği için artı yüklü oluyor. Ametal de eksi.

(A): Peki sen dedin ki: metal ametale bir elektron veriyor. Her zaman mı böyle? Bir tane mi?

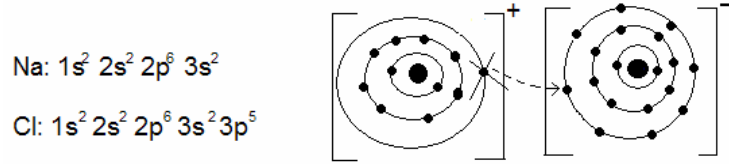
(Ö5): Yok, hayır. Kaç tane lazımsa. Ametalin soygaza benzemesi için kaç tane gerekiyorsa o kadar.

(A): Peki bir örnek verebilir misin? Örnek üzerinde anlatsan iyonik bağ. Kağıdı kullanabilirsin; bir şey yazmak veya çizerek anlatmak istersen.

(Ö5): NaCl mesela. Sodyumun atom numarası 11, klorun 17. (elektronik konfigürasyonları yazdı). Sodyum son kabuğundaki bir elektronu klorun son yörüngesindeki 7 elektrona vererek sodyum kendini sekize tamamlar. Klorunda son yörüngesinde 8 olur değerlik elektronları. O zaman iyonik bağ meydana gelir (Şekil 11'i çizdi) Klorun son enerji düzeyinde 7 tane var. Şimdi sodyum 3. temel enerji seviyesindeki 1 elektronunu vermek isteyecek. Klorunda kendini 8'e tamamlamak için 1 elektron almak isteyecek. Bu (sodyumu kastederek) elektronunu buna (kloru kastederek) verecek ve sonra ikisi de kararlı hale gelecekler. (çizdiği şekilde, sodyumun tek elektron bulunan enerji düzeyini ve klorun son enerji düzeyine bir elektron ekledi)

(A): Peki aradaki çekim nasıl oluşuyor?

(Ö5): Sodyum bir elektron verince pozitif yüklü oluyor. Diğeri (klor) de negatif yüklü oluyor. Zıt yüklü şeyler birbirlerini çektikleri için bunlarda birbirlerini çekiyorlar. Atom değil gerçi, iyon bunlar. Birbirini çekerler artık biri (+) biri (-) olduğu için. Ve aradaki bu çekime de iyonik bağ denir.



Şekil 11. Beşinci öğrencinin iyonik bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli

(A): İyonik bağ nasıl meydana gelir?

(Ö16): Bazı atomların elektron almak istemesi bazılarının da elektron vermek istemesi sonucunda bir çekim kuvveti olur. Elektronlar bir atomdan diğer bir atoma verilir. Almaya ihtiyacı olan alıyor vermeye ihtiyacı olan veriyor.

(A): Biraz daha açıklar mısın?

(Ö16): Metaller elektron vermek isterler, ametaller de almak isterler. Kararlı olmak için ikisi de; metal atomu ametal atomuna bir elektron verir. Böylece iyonik bağ yaparlar.

(A): Metal ametal atomuna bir tane mi elektron verir her zaman?

(Ö16): Hayır, kaç tane eksikse. Metalin kendi de, kaç tane fazlası varsa. Ama tabii eşit olması lazım. (A): Bir örnek verip üzerinde daha ayrıntılı açıklar mısın? Sana verdiğim kağıdı kullanabilirsin, üzerine yazmak veya şekil çizmek istersen onu kullanabilirsin.

(Ö16): Mesela sodyum klorür... (Sodyum ve klorun elektronik konfigürasyonlarını yazdı)... Sodyum kloru verdiğinde, klor p orbitalini tam dolduruyor ve Argona benziyor klor. Sodyum da neona benziyor bir elektronunu verince.

(A): Peki bunu şekille gösterebilir misin?

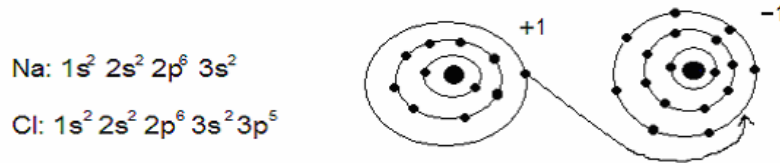
(Ö16): Tabii... (Şekil 12'yi çizdi)... Sodyum atomu bir elektronunu kloru veriyor (çizgiyle gösteriyor elektronu nasıl verdiğini). Artık bu elektron (sodyumun 3s orbitalindeki elektronu kastederek) burada değil kloru. Sodyumun 10 elektronu var, klorun da 18. Sodyum bir tane verince artı bir (+1) yüklü oluyor. Klor da eksi bir (-1) yüklü oluyor.

(A): Tamam peki aralarındaki çekim neden?

(Ö16): (+) ve (-) yükler birbirini çekerler. İki atom birbirini çeker. Bilgisayarda da görmüştük.

(A): Atomlarda birbirini çeken yerler neresidir sence? Neden kaynaklanıyor?

(Ö16): Elektron almaktan, vermekten oluyor bu çekim. Atomların kendinden yani, tamamı olarak. Bunlar artık biri artı, öbürü eksi yüklü oluyor.



Şekil 12. On altıncı öğrencinin iyonik bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli

3. Soru: Kovalent bağ hangi tür atomlar arasında meydana gelir?

Mülakatın üçüncü sorusu, mülakatın “*Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Yoksa farklı oluşma şekilleri var mıdır?*” sorusuna cevap verirken ve kimyasal bağın türlerini açıklarken kovalent bağdan bahseden öğrencilere sorulmuştur. Nitekim, mülakat yapılan öğrencilerin hepsi de kimyasal bağların isimlerini sayarken kovalent bağdan bahsetmişlerdir. Öğrencilerin kovalent bağın hangi tür atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili anlamalarını araştıran bu soruya, örneklemedeki öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirken, bazıları yanlış veya kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin de kovalent bağ ile iyonik bağı birbirine karıştırdıklarını ve kovalent bağla ilgili kendilerine sorulan bu soruya aslında iyonik bağ için doğru olan cevaplar verdiklerini göstermektedir. Mülakat yapılan altıncı öğrencinin bu yanılgısı, daha mülakatın ilk sorusunda verdiği cevaplardan da anlaşılmaktadır. Bu soruya her iki öğrenci de *kovalent bağın metallere ile ametaller arasında gerçekleştiği* cevabını vermişlerdir. Örneklemedeki altıncı ve onuncu öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Peki, kovalent bağ demiştin ikinci olarak. Bu bağ türü hangi tür atomlar arasında oluşuyor?*
(Ö6): *Metallerle ametaller arasında.*

.....

(A): *Bir de kimyasal bağın ikinci türü olarak kovalent bağı söylemiştin. Şimdi onunla ilgili birkaç soru sorayım sana. Hangi tür atomlar arasında oluşur kovalent bağ?*
(Ö10): *Ametallerle metallere arasında.*

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci ve dördüncü öğrenciler (Ö1 ve Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Bu soruya her iki öğrenci de *kovalent bağın ametal atomları arasında gerçekleştiği* cevabını vermişlerdir. Ancak dördüncü öğrenci bu soruya cevap verirken kovalent bağın ametaller arasında gerçekleştiğini ifade etmiş olsa da, verdiği örnekler onun *kovalent bağın sadece aynı cins ametal atomları arasında gerçekleştiği* şeklinde bir fikre sahip olduğunu ortaya

çıkmıştır. Örneklemedeki birinci (Ö1) ve dördüncü (Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Kovalent bağ dedin ikinci bağ türü olarak. Onunla ilgili konuşalım biraz. Kovalent bağ hangi tür atomlar arasında meydana geliyor?*

(Ö1): *Ametaller arasında gerçekleşir. Atomlar elektronlarını ortaklaşa kullanırlar.*

.....

(A): *İyonik bağla ilgili yeterince konuştuk. Bu kadar yeter. Şimdi bir de hangi bağ türü var demiştin sen?*

(Ö4): *Kovalent bağ.*

(A): *O hangi tür yapılar arasında meydana geliyor.*

(Ö4): *Ametaller arasında. İki klor arasında mesela. Flor, klor, brom. Bunlarda var.*

(A): *Her zaman aynı cins olanlarda mı gerçekleşiyor?*

(Ö4): *Evet, florla flor arasında (elindeki kağıda F-F yazdı), klorla klor arasında (elindeki kağıda Cl-Cl yazdı), bromla brom arasında mesela (Br-Br).*

(A): *Peki başka ametaller var mı? Birkaç örnek verir misin?*

(Ö4): *Oksijen var. Ne bileyim. Var bir sürü.*

(A): *Peki mesela oksijenle flor kovalent bağ yapar mı?*

(Ö4): *Yapmaz... (bir süre düşündü)... Ama ikisi de ametal aslında. Kovalent bağ var mıdır aralarında?*

(A): *Ben sana soruyorum.*

(Ö4): *Bilmiyorum.*

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö6) öğrenciler de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Bu soruya her iki öğrenci de *kovalent bağın ametal atomları arasında gerçekleştiği* cevabını vermişlerdir. Örneklemedeki beşinci ve on altıncı öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Peki, ikinci bağ türü olarak da kovalent bağ yazmışsın kağıdına. Ona geçelim şimdi. İlk sorumuz aynı. Kovalent bağ hangi atomlar arasında meydana gelir?*

(Ö5): *Ametalle ametal arasında gerçekleşir. İki ametal atomu birbirlerinin elektronlarını ortaklaşa kullanırlar.*

.....

(A): *İkinci olarak kovalent bağ demiştin. O hangi tür atomlar arasında gerçekleşir?*

(Ö16): *Kovalent bağ ametaller arasında olur. Elektronlarını ortak kullanırlar aralarında. Örneğin su.*

“Kovalent bağ neden bu tür atomlar arasında oluşur?” alt sorusu, öğrencilerin “kovalent bağ hangi tür atomlar arasında oluşur?” sorusuna cevap verirken ifade ettikleri atomlar arasında neden böyle bir bağlanmanın oluştuğunu düşündükleri ile ilgili nedenlerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *kovalent bağın elektron ortaklaşması sayesinde gerçekleşen bir bağ*

olduğunu ve bu nedenle sadece en son enerji düzeyinde elektron eksikliği olan ametaller arasında gerçekleşebileceğini ifade etmeleridir. Mülakatın bu sorusuna örneklemedeki öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin de kovalent bağ ile iyonik bağ birbirine karıştırdıklarını ve kovalent bağla ilgili kendilerine sorulan bu soruya aslında iyonik bağ için doğru olan cevaplar verdiklerini göstermektedir. Ancak bu öğrencilerin kavramları karıştırdıkları ve açıkladıkları bağ türünü yanlış adlandırdıkları düşünülürse, her iki öğrencinin de metallerin ve ametallerin özelliklerini açıklarken kullandıkları ifadeler bilimsel bilgilerle tutarlıdır. Her iki öğrenci de bu soruya cevap verirken; *metallerin son enerji düzeylerinde fazla elektronları olduğu, ametallerin ise son enerji düzeylerinde elektron eksikliği olduğu, bu nedenle metal atomlarının ametallerine elektron vererek kovalent bağ yaptıkları ve kovalent bağın elektron fazlası olan metallerle elektron eksikliği olan ametaller arasında gerçekleşebileceği* şeklinde açıklamalar yapmışlardır. Örneklemedeki altıncı (Ö6) ve onuncu (Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Neden metallerle ametaller arasında gerçekleşiyor peki kovalent bağ? Ne özellikleri var bu atomların?

(Ö6): Ametallerin genelde boş orbitalleri vardır. Bu nedenle elektron almak isterler. Metallerinde orbitallerinde fazla elektronları vardır. Onlar da vermek isterler. Bu nedenle metallerle ametaller arasında elektron alışverişi olur. Metal ametale elektron verir ve ikisi de tam dolu olmuş olurlar. Kararlı hale geçerler.

(A): Buna benzer bir durumu daha önce konuşmuştuk iyonik bağ için. Kovalent için de sorayım. Neden ametalle ametaller arasında olmuyor kovalent bağ da, metalle ametaller arasında oluyor?

(Ö6): Ametallerin boş orbitalleri olduğu için genelde... eksik olduğu için elektronları, bu nedenle elektron almak isterler. Ama ikisi de ametaller olduğu için birbirine elektron veremezler. Bu yüzden de elektronlarını ortak kullanırlar. Ama kovalent bağ olması için birinin fazlası olması lazım ve öbürüne elektron vermesi lazım. Metal olacak yani. Biri metal öbürü ametaller olmalı ki kovalent bağ yaparlar. İkisi de ametaller olursa olmaz.

(A): Peki neden biri metal olmak zorunda, diğeri de ametaller olmak zorunda?

(Ö6): Çünkü birinin vermesi öbürünün de alması gerekli kovalent bağ için. O da işte... metaller verecek ametaller de alacak. Kovalent bağ için birinin vermesi, diğeri alması lazım.

.....

(A): Peki neden ametallerle metaller arasında gerçekleşiyor kovalent bağ? Bu atomların özellikleri neler?

(Ö10): *Ametallerin elektron eksikliği vardır. Elektron almak isterler, soygaza benzemek için. Metallerin de elektron fazlası vardır. Ametallerin eksikliği olduğu için, metaller bu ametallere elektron verir. Böylece kovalent bağ yaparlar.*

(A): *Peki mesela; ametal ile ametal arasında neden gerçekleşmiyor iyonik bağ?*

(Ö10): *Ametallerin elektron alması gerekir kararlı olmak için. Ama ikisi de ametal olduğunda, ikisinin de zaten eksikliği olduğu için alamazlar birbirinden. Bu yüzden de tamamlamak için sekize ortak kullanırlar elektronlarını ve iyonik bağ yaparlar. Kovalent bağ yapamazlar çünkü.*

(A): *Peki o zaman ben soruyu tekrar sorayım. Sen aslında düşündüklerini söyledin ama, benim sorduğum soruyu düşünerek, neyi sorduğumu düşünerek tekrar cevapla istersen. Neden kovalent bağ metaller ile ametaller arasında gerçekleşir. Neden bu tür atomlar arasında gerçekleşir.*

(Ö10): *Çünkü ikisinden birinin elektron vermesi lazım. Yani birinin metal olması lazım. Eğer ikisi de ametal olsa kovalent bağ olmaz, iyonik bağ olur.*

(A): *Birinin metal olması lazım dedin ya. Diğeri önemli değil mi? Yani ikisi de metal olsa. O zaman ne olur?*

(Ö10): *O zaman metalik bağ olur.*

(A): *Öyleyse cevabını tekrar toparlamak ister misin?*

(Ö10): *Şöyle söyleyeyim. Birinin elektron veren öbürününün de elektron alan türde olması lazım. Bu da şu demek. Biri metal öbürü ametal olması gerekir.*

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci ve dördüncü öğrenci (Ö1 ve Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrenci de *kovalent bağın elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini ve bu nedenle kovalent bağın arasında gerçekleşeceği atomların son enerji düzeyinde elektron eksikliği olan atomlar, yani ametaller, olması gerektiğini* ifade etmişlerdir. Bahsedilen bu ifadeler, aynı sıralamayla olmasa da, her iki öğrencinin de mülakat sorusuna verdikleri açıklamalar içerisinde yer almıştır. Örneklerdeki birinci (Ö1) ve dördüncü (Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Kovalent bağ ametal ametal atomları arasında oluşur, elektronlarını ortaklaşa kullanırlar dedin. Peki neden bu atomlar arasında gerçekleşiyor kovalent bağ? Neden başka atomlar arasında değil?*

(Ö1): *Çünkü ametallerin elektron eksikleri var. Ametalle ametal bir araya geldiğinde ortaklaşa kullanırlar elektronlarını, ve kovalent bağ yaparlar aralarında...*

(A): *Benim sormak istediğim şu: neden iki ametal arasında gerçekleşiyor da, metal ametal arasında niye gerçekleşmiyor kovalent bağ? Ne olmaları lazım atomların kovalent bağ yapmaları için?*

(Ö1): *Ametal olmaları lazım ikisinin de. Elektron eksiklerinin olması lazım. Metaller elektron verme eğilimiyle soygaza benzemek isterler. Ama ametaller elektron alarak soygaza benzemek isterler. Metalle ametal arasında olursa, yani bunlar arasında olursa, kovalent bağ olmaz, iyonik bağ olur.*

(A): *Yani ne diyorsun son olarak, kovalent bağ neden bu atomlar arasında oluşuyor? Kovalent bağın olması için atomların hangi özelliklere sahip olması lazım?*

(Ö1): *İkisinin de ametal olması lazım. Yani ikisinin de elektronununun eksik olması lazım son enerji düzeyinde... Metallerle ametaller arasında olmaz çünkü orda birinin fazlası var, eksikliği olana veriyor. Böyle atomlar arasında iyonik bağ oluşur. İkisinin de eksikliği olması gerekir ki ortak kullanırlar elektronlarını*

.....

(A): *Peki neden ametaller arasında oluşuyor kovalent bağ? Ne özelliği var bu ametal atomlarının?*

(Ö4): *Ametaller periyodik tabloda soygaza yakın oldukları için, onlardan hemen önce yer aldıkları için elektron almak isterler, kararlı olmak isterler. Bu yüzden de kovalent bağ yaparlar.*

(A): *Ametaller her zaman kovalent bağ mı yaparlar.*

(Ö4): *Evet. Elektron eksigi vardır çünkü ametallerin.*

(A): *Peki bir ametalin yanında metal varsa. Yine mi kovalent bağ yapar?*

(Ö4): *O zaman iyonik bağ yapar. Metal elektron verir ametale, iyonik bağ yaparlar.*

(A): *Benim sormak istediğim şu aslında: neden kovalent bağ ametaller arasında gerçekleşiyor? Neden mesela bir metalle bir ametal kovalent bağ yapmıyor?*

(Ö4): *Bir metalle bir ametal arasında olduğunda, metal ametale elektronunu verir. Elektron alışverişi olduğu için de biri artı, diğeri eksi yüklü olur. Birbirini çekerler, iyonik bağ yaparlar.*

(A): *İkisinin de ametal olması mu lazım yani kovalent bağın oluşması için?*

(Ö4): *Evet.*

(A): *İşte ben sana bunun nedenini soruyorum. Hangi özelliğe sahip atomlar kovalent bağ yapabilir? Atomların ne özelliğe sahip olması lazım?*

(Ö4): *Kovalent bağ yapacak atomların ikisinin de elektron eksigi olması lazım. Yanlarında elektron alabilecekleri metal atomu olmaması lazım. Dolayısıyla ikisinin de ametal olması lazım. Ancak ametaller arasında kovalent bağ olur.*

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği öğrenciler gibi, kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrenciler de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrenci de *kovalent bağın elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini ve bu nedenle kovalent bağın arasında gerçekleşeceği atomların son enerji düzeyinde elektron eksigi olan atomlar, yani ametaller, olması gerektiğini* ifade etmişlerdir. Bahsedilen bu ifadeler, aynı sıralamayla olmasa da, her iki öğrencinin de mülakat sorusuna verdikleri açıklamalar içerisinde yer almıştır. Ayrıca her iki öğrenci de mülakatın bu sorusunu cevaplarken *su (H₂O)* örneğini vermişler ve bu örnek üzerinden bazı açıklamalar yapmışlardır. Örneklemedeki beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Neden bu atomlar arasında gerçekleşiyor kovalent bağ?*

(Ö5): *Çünkü iki ametal var kovalent bağda. Ametaller arasında kovalent bağ vardır. İkisi de elektron almak ister. Mesela suda, H₂O. Oksijenin 8 elektronu var hidrojenin de 1. Oksijen son yörüngesini 8'e tamamlamak istiyor, hidrojen de 2'ye tamamlamak istiyor. Bu yüzden kovalent bağ yaparlar.*

(A): *Peki niye mesela iki tane metal arasında gerçekleşmiyor kovalent bağ?*

(Ö5): *Bazı atomlar elektron almak isterler, bazıları da elektron vermek isterler. İkisi de metal olursa, ikisi de vermek ister. Onlar arasında kovalent bağ olmaz o zaman. Biri metal diğeri ametal olsa iyonik bağ olur. Kovalent bağ olması için atomun son enerji düzeyinde elektron eksiginin olması lazım. Ametal olması lazım yani ikisinin de.*

(A): *Yani kovalent bağ olması için atomların ne özelliğe sahip olması lazım? Bu özellikler hangi atomlarda var?*

(Ö5): *Yani kovalent bağ olması için iki atomunda elektron eksiginin olması lazım. Böyle olan atomlar da ametaller.*

.....

(A): *Neden bu atomlar arasında gerçekleşiyor kovalent bağ?*

(Ö16): *Çünkü elektron almak ister ametaller. Son enerji düzeylerinde elektron eksigi vardır. Suda örneğin; hidrojen ve oksijen ikisi de ametal olduğu için kovalent bağ vardır.*

(A): *Benim sormak istediğim şu; niye mesela metalle ametal arasında gerçekleşmiyor da kovalent bağ, iki ametal arasında gerçekleşiyor?*

(Ö16): *Metaller elektron vermek isterler. Ametallerde almak istedikleri için iyonik bağ olur. Biri artı biri eksi yüklü olduğu için, iyonik bağ yaparlar. Ama ametaller eksi yüklüdür. İyonik bağ yapamazlar. Mecbur ortak kullanacaklar elektronlarını.*

(A): *Yani ne demek istiyorsun, kovalent bağ yapması için iki atomun ne özelliği olması lazım?*

(Ö16): *İkisinin de ametal olması lazım. Son enerji düzeylerinde elektron eksikliği olması lazım.*

(A): *Bu yüzden mi? Elektron eksikleri olması yüzünden mi ametaller arasında oluşuyor kovalent bağ?*

(Ö16): *Evet.*

“Kovalent bağ bu tür atomlar arasında nasıl gerçekleşir?” alt sorusu, öğrencilerin kovalent bağın gerçekleştiğini ifade ettikleri atomlar arasında nasıl gerçekleştiğiyle ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Başka bir deyişle bu soruyla öğrencilerin iyonik bağın yapısıyla ilgili anlamaları derinlemesine araştırılmaktadır. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *kovalent bağın elektron ortaklaşması sayesinde gerçekleştiğinden, kararlı hale geçebilmek için ametal atomlarının birbirlerinin elektronlarını ortak kullandıklarından ve kovalent bağın da bu ortaklaşa kullanılan elektronların her iki atom çekirdeği tarafından çekilmesi sonucu atomları bir arada tuttuğundan, yani diğer bağ çeşitleri gibi kovalent bağın da elektriksel bir çekim kuvveti olduğundan* bahsetmeleridir. Mülakatın bu sorusuna örneklemdaki öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanlışlarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanlışlığı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, mülakatın ikinci sorusuna ve onun alt sorularına verdikleri cevaplarla uyumlu olarak, her iki öğrencinin de iyonik bağ ile kovalent bağı birbirine karıştırdıklarını ve iyonik bağla ilgili kendilerine sorulan bu soruya aslında kovalent bağ için doğru olan cevaplar verdiklerini göstermektedir. İyonik bağın nasıl gerçekleştiğinin sorulduğu bu soruya, aslında kovalent bağın nasıl gerçekleştiğini açıklayarak cevap veren altıncı ve onuncu öğrencilerin yaptıkları açıklamalarda; *kovalent bağın son enerji düzeyinde elektron fazlası olan metallerle son enerji düzeyinde elektron eksikliği olan ametaller arasında gerçekleştiği, soygaz düzenine benzemek ve kararlı hale geçmek için metallerden ametallere elektron verildiği ve zıt yüklerle yüklenen metal ve ametal atomları arasında elektrostatik çekim kuvvetinin oluşmasından dolayı bağlanmanın oluştuğu ve bu nedenle bir arada durdukları* şeklindeki ifadelerle rastlanılmıştır. Mülakat sırasında öğrencilere sorulan “kovalent bağı

bir örnek üzerinde açıklar mısınız?” şeklindeki takip eden (follow-up) soruya her iki öğrenci de *sodyum klorür (NaCl)* örneğini vermiştir. Ayrıca altıncı öğrenci iyonik bağ açıklarken kendisine verilen kağıda herhangi bir çizim yapmamasına ve sözlü olarak açıklamasına rağmen, onuncu öğrenci (Ö10) sodyum klorürde sodyum ve klor arasındaki bağ oluşumunu, zihninde düşündüğü modeli kendisine verilen kağıda çizerek açıklamıştır. Örneklemdeki altıncı (Ö6) ve onuncu (Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Kovalent bağ için birinin vermesi, diğerinin alması lazım dedin. şimdi buna gelelim. Nasıl oluyor kovalent bağ biraz daha ayrıntılı anlatır mısın?

(Ö6): Tamam. Ametallerin genelde boş orbitalleri vardır demiştik. Bu nedenle elektron almak isterler. Metallerinde orbitallerinde fazla elektronları vardır. Onlar da vermek isterler. Bu nedenle metallerle ametaller arasında elektron alışverişi olur. Metaller fazla elektronlarını ametallere verirler ve aralarında bağ yaparlar.

(A): Peki nasıl oluyor bu bağ? Yani atomlar neden birbirini çekiyor, bir arada duruyor.

(Ö6): Metaller elektron verdikleri için artı yüklü olurlar. Ametaller de aldıkları için eksi. Zıt kutuplar birbirini çektiği için de birbirlerini çekerler.

(A): Örnek verebilir misin mesela?

(Ö6): NaCl.

(A): Ne oluyor NaCl’de açıklar mısın? Elindeki kağıdı kullanabilirsin; yazabilirsin şekil çizebilirsin.

(Ö6): Şimdi sodyumun 11 atom numarası. Klorun da 17. Bunun (kloru kastederek) 18 olması lazım. Sodyumun da 10 olması gerekir. Bu nedenle sodyum bir elektronunu klora verir. Böylece ikisi de soygaza benzerler.

(A): Sodyum 10 oldu, klor da 17 oldu. Niye çekiyorlar ki birbirlerini?

(Ö6): Zıt yüklü oldular. Sodyum artı bir (+1) yüklü oldu. Klor eksi bir (-1). Bu yüzden de birbirlerini çekerler.

.....

(A): Peki metallerle ametaller arasında nasıl gerçekleşiyor bu bağ?

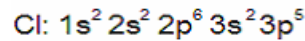
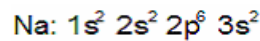
(Ö10): Kovalent bağ için birinin metal, diğerinin ametal olması gerekir. Metaller artı yüklüdür. Çünkü fazla elektronları vardır. Ametallerde eksi yüklüdür. Onlarında eksiği vardır. Metal elektron verir ametale. Sonra zıt yönlü, şey... bunlar zıt yönlü kuvvetler olduğu için de birbirini çekerler.

(A): Mesela bir örnek verebilir misin?

(Ö10): Mesela sodyum klorürde... klor (-) sodyum (+) dır. Bu yüzden de birbirlerini çekerler...

(A): Biraz daha ayrıntılı anlatır mısın? İstersen sana verdiğim kağıdı kullanabilirsin yazmak veya bir şey çizmek istersen.

(Ö10): Sodyum klorürde... (atomların elektronik konfigürasyonlarını yazdı) sodyumun bir elektronu var. Bunun (sodyumu kastederek) vermesi gerekir soygaza benzemek için. Klorunda 7 tane. Sekiz olması için bir elektron lazım. Sodyum bir elektronunu buna (kloru kastederek) verir. O zaman sodyum artı olur klorda eksi. Çekerler birbirlerini yani. Şöyle gösteriyorduk galiba (Şekil 13’ü çizdi).



Şekil 13. Onuncu öğrencinin kovalent bağ açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve NaCl şekli

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerekleştiiği birinci öğrencinin (Ö1) mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalar içerisinde bazı kavram yanlışları yer almasına rağmen, dördüncü öğrenci (Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı açıklamalar vermiştir. Birinci öğrenci (Ö1) açıklamalarında; *ametal atomlarının son enerji düzeylerinde elektron eksiki olduğundan ve bu nedenle ametallerin kendisi gibi elektron eksiki olan diğer ametallerle elektronlarını paylaşarak kovalent bağı oluşturduklarından* bahsetmiş olmasına rağmen, *atomların bir arada durma sebebinin elektronlar olduğunu* düşünmektedir. Birinci öğrencinin sahip olduğu bu yanlışya mülakatın birinci sorusu olan “*Kimyasal bağ nedir? Kimyasal bağı tanımlar mısınız?*” ve “*iyonik bağ ifade ettiğin atomlar arasında nasıl gerçekleşmektedir?*” sorularına verdiği açıklamalarda da rastlanılmıştır. Dördüncü öğrenci (Ö4) kovalent bağın ametal atomları arasında nasıl gerekleştiiğiyle ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yapmış ve cevabında; *kovalent bağın ametallerin elektronlarını ortaklaşa kullanmasıyla oluştuğundan ve paylaşılan elektronlar her iki atom çekirdeği tarafından çekildiği ametal atomlarının bir arada durduğundan* bahsetmiştir. Birinci öğrenci kovalent bağ için *su (H₂O)* örneğini verirken, dördüncü öğrenci *klor (Cl₂)* örneğini vermiş ve açıklamalarını bu örnekler üzerinden yapmışlardır. Her iki öğrenci de kovalent bağın nasıl gerekleştiiğini verdikleri örnekler üzerinde açıklarken çizimler yapmışlardır. Birinci öğrenci (Ö1) kovalent bağ için verdiği su örneğinin Lewis nokta yapısını çizerek bağ oluşumunu açıklarken, dördüncü öğrenci (Ö4) Cl₂ molekülü için zihninde düşündüğü modeli çizerek açıklamalarını bu çizim üzerinden yapmıştır. Ayrıca, birinci öğrencinin (Ö1) ön ve son testlerde “*kovalent bağlar iyonik bağlardan daha güçlüdür*” ve “*grafitin elektrik iletkenliğinin sebebi birbiri üzerinde kayabilen karbon atomu tabakalarına sahip olmasıdır*” yanlışlarına sahip olduğunun belirlenmesi üzerine, mülakatın bu sorusunun devamında ondan iki kimyasal bağı güçleri açısından karşılaştırması ve grafitin elektrik iletkenliğinin sebebini açıklaması istenmiştir. Birinci öğrenci iyonik ve kovalent bağların güçlerinin karşılaştırılması ile ilgili soruya “*kovalent bağlar iyonik bağlardan daha güçlüdür çünkü kovalent bağda elektronlar atomları bir arada tutuyorlar ancak iyonik bağda sadece bir elektriksel çekim vardır*” şeklinde bir cevap verirken, grafitin elektrik iletkenliğiyle ilgili soruya da testte verdiği açıklamalara benzer bir cevap vermiştir. Örneklemedeki birinci (Ö1) ve dördüncü (Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *İfade ettiğin bu atomlar arasında nasıl gerçekleşiyor kovalent bağ? Biraz anlatır mısınız?*

(Ö1): Ametaller elektronlarını ortaklaşa kullanıyor. İkisi de elektronlarını ortaklaşa kullanıp kovalent bağ oluşturuyorlar. Yani ikisi de elektron almak isterler. Ortamda daha başka atom olmadığı için verebilecek, alamıyorlar ve elektronlarını ortaklaşa kullanmak durumunda kalıyorlar. Bu durumda da kovalent bağ oluşuyor.

(A): Bir örnek verebilir misin kovalent bağa?

(Ö1): Su mesela. H_2O .

(A): Bunu açıklar mısın, bağ nasıl oluşuyor ?

(Ö1): Meydana gelmelerini tam bilmiyorum ama. (atomların elektronik konfigürasyonlarını yazdı). Oksijenin iki elektrona ihtiyacı var kararlı hale geçmek için. Hidrojenin de 1 elektron alması gerekiyor. İki tane hidrojen atomu ile bu (oksijen atomunu kastederek) birer elektronunu ortaklaşa kullanırlar. Böylece hem hidrojenler hem de oksijenler kararlı hale geçerler.

(A): Peki bunu daha detaylı açıklayabilir misin? Sana verdiğim kağıda şekil çizebilirsin istersen.

(Ö1): (Şekil 14'ü çizdi)... Hidrojenle oksijen bir elektronlarını ortaklaşa kullanırlar. Bir de bu hidrojenle de elektronunu ortaklaşa kullanırlar. Hepsi de kararlı hale geçer.

(A): Peki nasıl oluyor bu ortaklaşa kullanma daha detaylı anlatabilir misin?

(Ö1): İşte orası zor... Şimdi, oksijenin son yörüngesinde 6 tane var. Hidrojenle birlikte kovalent bağ yaparlar. Bunlar böyle ikili oluştururlar (elektronları kastediyor ve ortaklaşa kullanılan elektronları yuvarlak içerisine aldı).

(A): Bu paylaşım nasıl, sadece 1 tanesinin elektronlarını paylaşıyor?

(Ö1): Hayır, hem oksijenin hem de hidrojeninkini ortaklaşa kullanıyorlar. Böylece oksijenin 8, hidrojenin 2 oluyor. Böylece istediklerine ulaşmış oluyorlar.

(A): Peki burada elektronları çizerek birleştirdin sen, yani onları yuvarlak gibi bir şeyin içine aldın. Onlar mı bir arada tutuyor atomları.

(Ö1): Evet, bu atomları artık ortak kullanıyor her ikisi de. Bağ yapmış oldular. Oksijen iki hidrojenle bağ yapmış oldu böylece.

(A): Peki. Ben sana daha farklı bir şey soracağım şimdi. Daha doğrusu iki şey. Birincisi; İyonik ve kovalent bağı karşılaştırırsak, güçleri açısından, ne söyleyebilirsin? Hangisi güçlüdür veya belli olmaz mı?

(Ö1): Bence kovalent güçlüdür.

(A): Neden?

(Ö1): Çünkü kovalent bağda elektronları ortak kullanırlar atomlar. İkisinin de, atomların ikisinin de elektronları kuvvetli çekmesi lazım ortak kullandıkları için. İyonikte ise elektron alışverişi olur. Biri artı biri eksi olduğu için çekerler birbirilerini ama, öyle illa bir arada durmalarına gerek yoktur.

(A): İkinci de grafitle ilgili. Grafiti biliyorsun?

(Ö1): Evet.

(A): Grafitte hangi bağ vardı?

(Ö1): Kovalent.

(A): Peki elektriği iletiyor muydu?

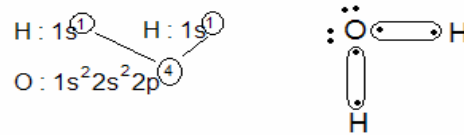
(Ö1): Evet iletiyordu.

(A): Neden iletiyordu peki? Hangi özelliği sayesinde?

(Ö1): Elmas iletmiyordu. Çok serttir elmas. Ama grafit tabaka tabakaydı...

(A): Elektrik iletkenliğini sordum ben sana, onu mu açıklıyorsun?

(Ö1): Evet. Elmas çok sert olduğu için iletmiyordu. Ama grafitte hareketli tabakalar vardı. Onlar sayesinde elektriği iletiyordu.



Şekil 14. Birinci öğrencinin kovalent bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve H_2O şekli

.....

(A): İfade ettiğin bu atomlar arasında nasıl gerçekleşiyor kovalent bağ? Biraz anlatır mısın?

(Ö4): Ametaller elektronlarını ortaklaşa kullanıyorlar. Çünkü ikisi de almak ister soygaza benzemek için. Eksiği vardır ikisinin de. Verecek biri de olmadığı için ortaklaşa kullanırlar elektronlarını. Ortaklaşa kullandıkları için de kovalent bağ olur aralarında.

(A): Bir örnek üzerinde açıklayabilir misin?

(Ö4): Klor mesela; Cl_2 . (Şekil 15'i çizirken anlatıyor)... Bunlarda apolar kovalent bağ var. Kovalent bağın iki türü vardır. Polar ve apolar. Aynı cins atomlar arasında olduğunda apolar kovalent bağ oluşur. Farklı cins atomlar arasında ise polar kovalent bağ. Klorda de apolar kovalent bağ var.

(A): Ne yapıyor bu klor atomları, nasıl bağ yapıyorlar?

(Ö4): Şimdi bunlar elektronlarını 8'e tamamlayacaklar ama ortamda başka atom yok. Mecburi olarak birbirlerinin elektronlarını kullanacaklar ortaklaşa. (Şekil 15'i çizmeye devam ederken bir yandan da açıklıyor)... Klorun son yörüngesinde 7 elektronu var. Öbürünün de aynı şekilde. Son yörüngelerini 8'e tamamlayacaklar. Ama elektron alabilecekleri başka atom yok o yüzden birbirlerinin elektronlarını kullanacaklar. Böylece ikisinin de 8 tane elektronu olacak. Birbirinin elektronlarını kullanacaklar.

(A): Peki bağ nasıl oluşuyor. Tamam paylaştılar ama niye çekiyorlar birbirlerini?

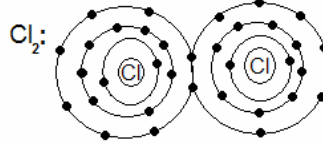
(Ö4): Elektron ortaklaşması olduğunda, şimdi bu elektroları artık ikisi de çekiyor. Bu (1. klor atomunu göstererek) da çekiyor, bu (2. klor atomunu göstererek) da. Dolayısıyla bir arada duruyorlar aynı şeyi çektikleri için.

(A): Bu çizidin yuvarlak şeyler ne?(elektronların yer aldığı enerji düzeylerini kastederek)

(Ö4): Enerji düzeyleri.

(A): Onlar birbirine mi yapışıyor.

(Ö4): Yok, hayır. Öyle bir şey yok aslında. Sadece biz çizirken öyle gösteriyoruz.



Şekil 15. Dördüncü öğrencinin kovalent bağı açıklarken çizdiği Cl_2 molekülü şekli

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrencilerin her ikisi de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı açıklamalar vermişlerdir. Her iki öğrenci de (Ö5 ve Ö16) açıklamalarında; *kovalent bağın; ametallerin elektronlarını ortaklaşa kullanmasıyla oluştuğundan ve paylaşılan elektronlar her iki atom çekirdeği tarafından çekildiği ametal atomlarının bir arada durduğundan* bahsetmiştir. Beşinci öğrenci kovalent bağ için su (H_2O) örneğini verip açıklamalarını bu örnek üzerinde yaparken, on altıncı öğrenci hem su örneğini hem de *hidrojen klorür (HCl)* örneğini vermiş ve hidrojen klorür örneği üzerinden açıklamalarını yapmıştır. Ayrıca, beşinci öğrenci (Ö5) kovalent bağ için verdiği su örneğinin Lewis nokta yapısını çizerek bağ oluşumunu açıklarken, on altıncı öğrenci (Ö16) HCl molekülü için hem Lewis nokta yapısını hem de bu molekül için zihninde düşündüğü modeli çizerek açıklamalarını yapmıştır. Örneklemedeki beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Ametaller arasında nasıl gerçekleşiyor kovalent bağ? Şimdi buna geçelim, biraz açıklar mısın?.

(Ö5): Metaller arasında elektron alışverişi oluyordu. Ametaller arasında da kovalent bağ vardır. İkisi de ametal olduğu için elektron almak ister. Mesela suda (H_2O).

(A): Evet sen biraz bahsetmiştin ondan. Nasıldı?

(Ö5): İki de ametal. Hidrojen de, oksijen de. Elektronlarını ortaklaşa kullanırlar bu yüzden, ikisinin de elektronu eksik olduğu için, birbirlerine veremezler. Oksijenin 8 elektronu vardır. Hidrojenin de 1 elektronu vardır. Oksijen son yörüngesini 8'e tamamlamak ister. Hidrojen de 2'ye tamamlamak ister. Bu yüzden de ortak kullanırlar elektronlarını.

(A): Ortak kullanmak dediğin nasıl oluyor? Mesela dediğin su örneği üzerinde biraz daha detaylı açıklar mısın? O bağ yapan elektronlar neredeler?

(Ö5): İkisinin arasındalar.

(A): Tamam, şekil çizerek biraz açıklar mısın?

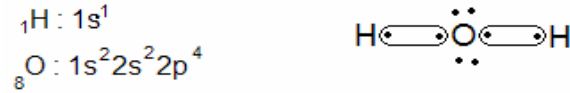
(Ö5): Su mesela... hidrojen bir, atom numarası birdir. Oksijen sekiz. Yazarsak... (atomların elektronik konfigürasyonlarını yazdı)... (Şekil 16'yı çizmeye başladı ve bu esnada açıklıyor)... Hidrojen ve oksijen birbirine yaklaşıyor. Elektronlarını beraber ortaklaşa kullanıyorlar. Hidrojenin 2 tane elektronu oluyor, oksijenin de 8 tane elektronu oluyor. Soygaz oluyorlar. Bu elektronlar artık ikisinin. Ortaklaşa kullanıyorlar elektronlarını. Hidrojen helyuma benziyor. Oksijen de... onu hatırlayamadım.

(A): Peki bunlar elektronların ortak kullandılar ama neden bir arada duruyorlar? Neden bağ yaptılar yani? Onları bir arada tutan şey nedir?

(Ö5): Şimdi artık bu ortak kullandıkları elektronlar sanki ikisine de aitmiş gibi oluyor. Aslında bir alış veriş filan yok ama. Bu (hidrojenlerden birini kastederek) da çekiyor bu elektronları, bu (oksijeni kastederek) da. Dolayısıyla bir arada durmuş oluyorlar.

(A): Peki bu elektronları niye çizgiyle birleştirdin. Bağ dediğin şey elektronlar mıdır?

(Ö5): Yok, elektron bunlar. Bağ olsa adı elektron olmazdı... öylesine çizdim. Göstermek için ortak kullanılan elektronları.



Şekil 16. Beşinci öğrencinin kovalent bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve H₂O şekli

.....

(A): Peki, ifade ettiğin bu atomlar arasında nasıl oluşuyor kovalent bağ? Biraz açıklar mısın?

(Ö16): elektron almak ister ametaller. Son enerji düzeylerinde elektron eksikliği vardır çünkü. Su örneğini vermiştim mesela. Suda örneğin; hidrojen ve oksijen ikisi de ametal olduğu için kovalent bağ vardır. Elektronlarını ortak kullanarak suyu oluştururlar.

(A): Ben biraz daha ayrıntılı sormak istemişim. Yani ne oluyor ametaller arasında. Daha detaylı anlatır mısın?

(Ö16): Şimdi ametallerin elektron eksikliği olduğu için enerji düzeyinde, son enerji düzeyinde yani. Elektron almak isterler. Ama ikisi de almak istediği için, ne yapacaklar? Elektronlarını ortak kullanırlar. Böylece kovalent bağ oluştururlar.

(A): Bir örnek üzerinde açıklayabilir misin? Şekil çizebilirsin yine.

(Ö16): HCl olsun mesela. Hidrojende 1 tane elektron var. Klorda 17 tane. (atomların elektronik konfigürasyonlarını yazdı)... (Şekil 17'yi çiziyor ve diğer taraftan da açıklama yapıyor)... Hidrojenin son enerji düzeyinde 1 tane var. Klorun da 7 tane var. Bunlar veremeyeceği için birbirlerine, elektronlarını ortaklaşa kullanırlar. Ametalle ametal arasında olduğu için de kovalent bağ oluştururlar.

(A): (öğrenci atomları birbirinden ayrı çizdiği için araştırmacı soruyor) Hangi elektronu ortaklaşa kullanıyorlar?

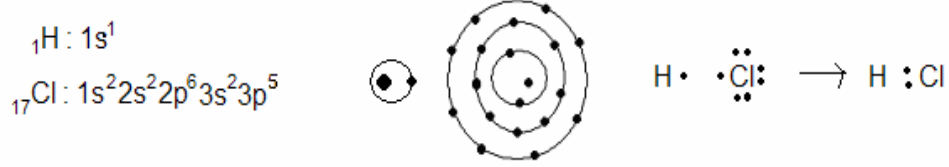
(Ö16): İki de birbirinin birer tanesini. Hidrojen klorunkini, klor da hidrojeninkini

(A): Peki bunlar elektronlarını ortak kullandılar diyorsun. Aradaki bağ niye oluşuyor? Neden bağ yapıyor bu atomlar?

(Ö16): Şimdi ikisi de elektronu ortak kullandığı için. Yani bu elektronu (hidrojenin bir elektronunu kastederek) klorda çekiyor artık. Hidrojende bunun (kloru kastederek) bir elektronunu çekiyor. Yani sanki hidrojenin 2 tane varmış gibi düşünün. Birde şöyle gösterebiliyorduk, nokta gösterimi yaparsak... (Lewis nokta gösterimlerini çizdi HCl molekülünün)... böyleydi sanırım.

(A): Hidrojen elektron mu aldı klordan?

(Ö16): Yok. Alışveriş değil. Yine elektron klorun ama, hidrojen de çekiyor onu. İki de çektiği içinde bağ yapıyorlar ikisi. HCl'yi oluşturuyorlar.



Şekil 17. On altıncı öğrencinin kovalent bağı açıklarken yazdığı elektronik konfigürasyonlar ve çizimler

4. Soru: Metalik bağ hangi tür atomlar arasında meydana gelir?

Mülakatın dördüncü sorusu, mülakatın “Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Yoksa farklı oluşma şekilleri var mıdır?” sorusuna cevap verirken ve kimyasal bağın türlerini açıklarken metalik bağdan bahseden öğrencilere sorulmuştur. Nitekim, mülakat yapılan öğrencilerin hepsi de kimyasal bağların isimlerini sayarken metalik bağdan bahsetmişlerdir. Öğrencilerin metalik bağın hangi tür atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili anlamalarını araştıran bu soruya, örneklemdeki öğrencilerin hepsi de bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği Ö6 ve Ö10, orta düzeyde gerçekleştiği Ö1 ve Ö4 ile en üst düzeyde gerçekleştiği Ö5 ve Ö16 mülakatın “metalik bağ hangi tür atomlar arasında meydana gelir?” sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Mülakat yapılan tüm öğrenciler bu soruya aynı cevabı vermiş ve cevaplarında *kovalent bağın ametal atomları arasında gerçekleştiğini* ifade etmişlerdir. Kavramsal değişimin ayrıntılı araştırıldığı Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yürütülen mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Tamam, şimdi metalik bağa geçelim, üçüncü tür olarak onu söylemişsin. Metalik bağ hangi tür atomlar arasında oluşur öncelikle bunu söyler misin?

(Ö6): Metallerler arasında. İki metal arasında oluşur.

.....

(A): Üçüncü olarak metalik bağ demişsin, kimyasal bağ türü olarak. Biraz da onunla ilgili konuşalım. Hangi tür atomlar arasında oluşur metalik bağ?

(Ö10): Metalle metal arasında. Bir elektron denizi vardır....

.....

(A): Peki. Gelelim diğler bağ türüne. Ne demiştin?

(Ö1): Metalik bağ?

(A): O hangi tür atomlar arasında?

(Ö1): İsminden de anlaşılacağı gibi metaller arasında meydana geliyor.

.....

(A): Metalik bağ var demiştin bir de. Biraz da onunla ilgili sorular soralım. O hangi tür atomlar arasında?

(Ö4): Sadece metaller arasında.

(A): Ne demek istiyorsun.

(Ö4): Kovalent bağ ametal ametal arasındaydı. İyonik; ametal metal. Metalik de metal metal arasında olur.

.....

(A): Peki, üçüncü olarak da metalik bağ yazmıştın, değil mi?

(Ö5): Evet.

(A): şimdi onunla ilgili sorulara geçelim. Birincisi; hangi atomlar arasında meydana gelir metalik bağ?

(Ö5): Bu diğlerlerinden farklı, metaller arasındaki bağdır metalik bağ. Bir deniz var...

.....

(A): Bir de metalik bağ var demiştin. Ona gelelim şimdi. Metalik bağ hangi tür atomlar arasında gerçekleşir?

(Ö16): Metaller arasında.

“Metalik bağ bu tür atomlar arasında nasıl gerçekleşir?” alt sorusu, öğrencilerin metalik bağın metal atomları arasında nasıl gerçekleştiğini düşündükleri ile ilgili zihin yapılarını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu soru, öğrencilerin metalik bağın oluşumu ile ilgili anlamalarını daha derinlemesine araştırma imkanı verdiğiinden özellikle önemlidir. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *metallerin son enerji düzeylerinde boş orbitallerinin bulunduğundan, son enerji düzeylerinde fazla elektrona sahip metal atomlarının bu elektronlarının oynak olmasından, genellikle bu oynak elektronların yan yana bulunan çok sayıdaki metal atomunun boş orbitallerinde hareket ettiğinden, komşu metal atomlarının boş orbitallerinde hareket eden ve elektron denizine benzetilen bu elektronların metal atomlarının çekirdekleri tarafından çekildiğinden ve metalik bağın bu elektron denizi ile içerisindeki metal atomu çekirdekleri arasındaki elektriksel bir çekim olduğundan* bahsetmeleridir. Mülakatın bu sorusuna örneklemdaki öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanlışlarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerekleştiiği altıncı öğrencinin (Ö6) mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalar içerisinde bazı kavram yanılığları yer almasına rağmen, onuncu öğrenci (Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı bazı açıklamalar vermiştir. Altıncı öğrenci (Ö6) mülakatın bu sorusuna; *metalik bağın metal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerekleştiiği* cevabını vermiştir. Ayrıca, altıncı öğrenci mülakatın bu sorusuna cevap verirken “*elektron havuzu*” şeklinde ilginç bir ifade kullanmıştır. Onuncu öğrenci (Ö10) ise metalik bağın metal atomları arasında nasıl gerekleştiiğiyle ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir bazı açıklamalar yapmış ve cevabında; *metallerin son enerji düzeylerinde elektron fazlası olduğundan, son enerji düzeylerindeki bu elektronlarını verdiklerinden, bu elektronların metal atomu çekirdeklerinin arasında bir yerde hareket ettiğinden, elektron denizine benzer bir yapı oluşturan bu elektronlar içerisinde metal atomu çekirdeklerinin var olduğundan ve metal atomları çekirdeklerinin etraflarında bulunan bu elektronları çektiğinden* bahsetmiştir. Ancak onuncu öğrenci (Ö10) açıklamalarında; *metallerin boş değerlik orbitallerinden ve değerlik elektronlarının bu boş olan orbitallerde hareket ettiğinden* hiç bahsetmemiştir. Altıncı öğrenci metalik bağ için *magnezyum* örneğini verirken, onuncu öğrenci *alüminyum* örneğini vermiş ve öğrenciler açıklamalarını bu örnekler üzerinden yapmışlardır. Ayrıca her iki öğrenci de verdikleri örneği açıklarken çizim yapmışlar ve metalik bağ için zihinlerinde düşündükleri modelleri kendilerine verilen kağıda resmetmişlerdir. Örneklemdaki altıncı (Ö6) ve onuncu (Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Nasıl oluyor metalik bağ peki metal atomları arasında? Bunu açıklar mısın?*

(Ö6): *Elektron alışverişi yapıyorlardı galiba...*

(A): *Nasıl oluyor?*

(Ö6): *Metallerin elektron verme isteği vardır. Böyle bir sürü metal atomu var diyelim, yan yana. Metallerin fazla elektronları vardır zaten. Yanındakilere verirler ihtiyacı olanlara.*

(A): *Ama bunların hepsi metal değil mi? Metaller elektron vermek isterler demiştin. Diyelim biri verdi. Öbürü niye alsın ki? O da vermek ister.*

(Ö6): *Öyle aslında ama. Burada farklıydı sanki. Yani, bunlar böyle bir tane falan vermiyorlardı. Bir elektron havuzu gibiydi. Öyle bir şey diyorduk. Elektron havuzu muydu?*

(A): *Ben bilmiyorum. Sen ne biliyorsan onu anlat bana. Senin aklında ne varsa o önemli.*

(Ö6): *... (bir müddet suskun kaldı)... Galiba şöyleydi. Metaller değerlik elektronlarının hepsini veriyordu. Böyle... yan yana bulunan metallerin hepsi veriyordu ve bir elektron havuzu oluşuyordu. Sonra diyelim eksiki olanlar alıyordu. Bazıları veriyor, bazıları da alıyordu.*

(A): *Peki kim alıp kim veriyor bunun bir kuralı var mı?*

(Ö6): *Yok işte. Bazıları alıyor, bazıları veriyor.*

(A): *Peki bir örnek verebilir misin? Şekil çizebilirsin elindeki kağıda, şekil üzerinden açıklayabilirsin.*

(Ö6): *Mesela... magnezyum olsun. Şimdi izersek... (Şekil 18'i çizdi)... Şimdi bunların (magnezyum atomlarını kastederek) değerlik elektronlarının hepsi böyle atomların arasında dolaşır. Metal atomları vermek istediği için hepsini verir değerlik elektronlarının (burada çizdiği metal*

atomlarının etrafına elektronları çizdi). Ama bazılarının de alması lazım. Bu nedenle bazıları artı olur bazıları da eksi (bazı magnezyum atomlarına + işareti koydu, bazılarına da - işareti). Dolayısıyla birbirlerini çekerler ve bir arada dururlar.

(A): Peki bunların hepsi de magnezyum atomu değil mi?

(Ö6): Evet.

(A): E diyelim biri vermek istedi. Diğeri niye almak istesin ki? Hepsi de aynı atom. Aynı özelliklere sahipler.

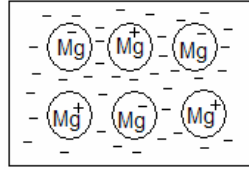
(Ö6): Evet ama soygaza benzerler yine. Ama diyelim biri vererek benzer, diğeri de alarak.

(A): Peki ama benim sormak istediğim şu: hepsi de aynı atom değil mi bunların?

(Ö6): Evet.

(A): Neden biri almak istesin de, diğeri vermek istesin. Ne yapmak istiyorlarsa hepsi de aynısını yapmaz mı?

(Ö6): ... (bir süre düşündü)... bilemeyeceğim. Sonuçta hepsi de benzer aslında soygaza. Bazıları alarak benzer, bazıları da vererek. Ama... Böyleydi sanırım. Bilmiyorum.



Şekil 18. Altıncı öğrencinin metalik bağı açıklarken yaptığı Mg metali çizimi

(A): Hangi tür atomlar arasında oluşur metalik bağ?

(Ö10): Metalle metal arasında. Bir elektron denizi vardır. (Şekil 19'u çizdi)... şöyle bir sürü alüminyum metali olsun mesela. Bunlar elektron vermek istediği için, hepsi de değerlik elektronlarını verirler. Kararlı hale geçmek için.

(A): Ben sormadan sen açıklamaya başladın aslında. Evet?

(Ö10): İşte hepsi de elektronlarını verip kararlı hale geçerler.

(A): Nereye veriyorlar elektronlarını? Yanındakilere mi?

(Ö10): Hayır...

(A): Nereye o zaman.

(Ö10): Tam bilmiyorum.

(A): Verdiğini kesin biliyor musun?

(Ö10): Evet, hepsi de vermek ister. Metallerin elektron fazlası vardır. Hepsini verirler.

(A): Yanındakine veriyor olabilir mi?

(Ö10): Olmaz ki o zaman.

(A): Niye?

(Ö10): O da vermek ister ama. O da metal. Niye alsın ki? Hepsi de kararlı hale geçecek.

(A): Neyse. Eğer aklına gelirse bununla ilgili bir şey söylersin. Peki nasıl bir arada duruyor bu atomlar? Metalik bağ nasıl oluşuyor yani? Ona gelelim.

(Ö10): Hepsi de kararlı hale geçmek istiyor. Hepsi de değerlik elektronlarını verirler. Böylece bütün alüminyumların elektronları bu elektron denizine dağılırlar (Şekil 19 üzerinden açıklıyor).

(A): Peki bu elektron denizi dediğin ne?

(Ö10): Hepsi de elektronlarını verdi ya. İşte bunlar sanki bi deniz gibi alüminyum atomunun etrafında dağılır hepsi. Deniz gibi aynı, her tarafta olduğu için. O yüzden elektron denizi deniyor.

(A): Peki bu elektronları koyduğun yer neresi. Boşluk mu? Atomlar arasında boşluk mu var?

(Ö10): Yok. Burada orbitaller vardır herhalde çekirdeğin etrafında ama. Onları gösteremiyorum, şekil karışır o zaman.

(A): Senin dediğine göre nerede hareket ediyor bu atomlar o zaman? Birbirlerinin orbitallerinde mi?

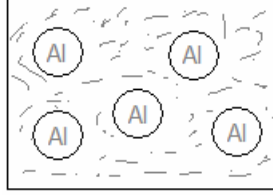
(Ö10): Bilmiyorum... birbirlerinin orbitallerine geçseler ama o zaman elektron alışverişi olmuş olmaz mı. Öyle değildir herhalde... Böyle göstermiştik ama, tam bilemeyeceğim.

(A): Bu ortaya çizdiğin yuvarlaklar ne? İçinde Al yazıyor. Atomun kendisi mi çekirdeği mi?

(Ö10): Çekirdekleriydi galiba.

(A): Neyse, ne demiştin devam edelim. Nasıl duruyor bu alüminyum atomları bir arada?

(Ö10): Şimdi bu elektron denizi oluşuyor demiştik ya. Bu alüminyum atomları bu elektronların hepsini çekiyor. Kendi elektronlarını da çekiyor. Diğerlerinin dolaşan elektronlarını da çekiyor. Böylece bir arada duruyorlar.



Şekil 19. Onuncu öğrencinin metalik bağı açıklarken yaptığı Al metali çizimi

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrenci (Ö1) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı bazı açıklamalar yaparken, dördüncü öğrencinin (Ö4) mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalar içerisinde bazı kavram yanılgıları yer almıştır. Birinci öğrenci (Ö1) metalik bağın metal atomları arasında nasıl gerçekleştiğiyle ilgili bilimsel olarak kabul edilebilir bazı açıklamalar yapmış ve cevabında; *metallerin son enerji düzeylerindeki değerlik elektronlarının hem kendilerinin hem de komşu atomların son enerji düzeylerindeki boş orbitallerde hareket ettiğinden, bu nedenle tüm atomların etrafında elektron havuzuna benzer bir yapı oluştuğundan, bu elektron havuzundaki elektronlar ile içerisindeki metal atomu çekirdekleri arasında bir çekim olduğundan ve bu çekimin metal atomlarını bir arada tuttuğundan* bahsetmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere, öğrencinin açıklamalarında “elektron denizi” yerine “*elektron havuzu*” ifadesini kullanması dikkat çekmektedir. Bu ifade kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği Ö6 ile benzerlik göstermektedir. Dördüncü öğrenci (Ö4) mülakatın bu sorusuna; *metalik bağın metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiği* cevabını vermiştir. Öğrencinin mülakatın bu sorusu için verdiği tüm açıklamalardan onun bu yanılgıya sahip olduğu açıkça görülmektedir. Ancak metalik bağı açıklarken bu öğrencinin kullandığı “elektron denizi” ifadesi onun bazı şeyleri az da olsa hatırladığını göstermektedir. Birinci öğrenci metalik bağ için *sodyum* örneğini verirken, dördüncü öğrenci *demir* örneğini vermiş ve öğrenciler açıklamalarını bu örnekler üzerinden yapmışlardır. Ayrıca her iki öğrenci de verdikleri örneği açıklarken çizim yapmışlar ve metalik bağ için zihinlerinde düşündükleri modelleri kendilerine verilen kağıda resmetmişlerdir. Örneklemdaki birinci (Ö1) ve dördüncü (Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Nasıl oluyor metalik bağ peki metal atomları arasında?

(Ö1): Örneğin bir demir çubuktaki atomlar.

(A): Peki, bir demir çubuktaki atomları düşünersek metalik bağlama nasıl gerçekleşiyor?

(Ö1): Metallerin son enerji düzeylerinde boş orbitalleri vardır. Boş olan bu orbitallerde serbest elektronlar gezerler. Birbirine çok yakın olduğu için bu atomlar birbirinin boş orbitallerine geçerler. Böylece birbiriyle bağ yaparlar.

(A): Elektronu vermiş oluyor mu o zaman?

(Ö1): Öyle diyemeyiz. Yan yana olan bu atomların boş orbitallerini bir havuza benzetirsek bu serbest elektronlar bu alanlarda gezerler. Elektron havuzu deniyor buna. Böylece demir atomları bir arada bulunur.

(A): Bu elektronlar hangi elektronlar, metal atomunun tüm elektronları mı?

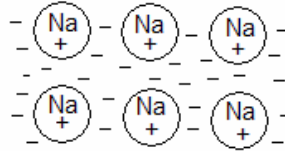
(Ö1): Hayır, değerlik elektronları. Metallerin boş orbitalleri vardır. Bu değerlik elektronları boş orbitallerde dolaşarak iki atomu bir arada tutarlar.

(A): Peki nasıl tutuyor bu elektronlar atomları bir arada?

(Ö1): (Şekil 20'yi çizdi)... Şimdi bu atomların değerlik elektronları hepsinin boş olan değerlik orbitallerinde geziyorlar ya. Elektron havuzu gibi. İşte bu elektronlarla bu arasındaki atomlar arasında bir çekim oluşuyor. Yani bu atomlar artık bu elektron havuzundaki elektronların hepsini çekiyor. Bu yüzden sıkı sıkıya bağlıdır birbirine.

(A): Peki bir şey soracağım: elektronlarını vermiyorlar da niye artı yük işareti yaptın sodyumlara?

(Ö1): Vermiyorlar. Ama atomdan uzaklaştığı için değerlik elektronları biraz, artıyla (+) gösteriyoruz onu. Öyle yapmıştık sınıfta.



Şekil 20. Birinci öğrencinin demir çubuktaki metalik bağını açıklarken yaptığı çizim

.....

(A): Nasıl oluyor metalik bağ peki metal atomları arasında?

(Ö4): Elektronlarını ortaklaşa kullanırlar bunlar da.

(A): Nasıl yani? Kovalent bağda söylediğin gibi mi?

(Ö4): Evet ama bunların ki biraz daha farklı.

(A): Şimdi... demir metali mesela. ... (Şekil 21'i çiziyor)... Bunlar zaten sodyum atomları, katı olduğu için birbirlerine çok yakınlar ve sıkı sıkıya bağlanmışlar. Burada demir metal olduğu için elektronlarını veriyor. Bütün demir atomları elektronlarını veriyor...

(Ö4): Elektronlarını derken, hepsini mi?

(A): Hepsini miydi, tam bilmiyorum. Olabilir ama... (bir müddet düşündü)... sadece son enerji düzeyindekini galiba. İki taneydi sanırım, iki tane veriyor o zaman demek ki.

(Ö4): Bunlar... işte bir sürü demir olduğu için, hepsi de iki tane verince sanki bir elektron denizi gibi bütün her yere yayılıyorlar. Bu atomlar da işte, bunları ortaklaşa kullanıyorlar ihtiyacı olduğu kadarını hepsi alabiliyor.

(A): Şimdi metaller elektronu veriyor demiştin, ihtiyacı olan da alıyor diyorsun. O zaman iyonik bağa benzer bir şey mi?

(Ö4): Yok almıyorlar da. İşte... ya şimdi bunların hepsi böyle bir elektron denizi oluştu ya. Bunlar işte hepsi de birbirininkini ortak kullanıyorlar. Bir alma verme yok.

(A): Peki kovalent bağdan farkı ne bunun, eğer elektron ortaklaşmasıysa?

(Ö4): Bir kere metaller arasında bu (metalik bağ) kastederek. Kovalent bağ olması için bir metal biri ametal olması lazım. Bir de kovalent bağda iki atom kullanıyor elektronlarını ortaklaşa. Burada bütün atomlar elektronlarını ortaklaşa kullanıyor.



Şekil 21. Dördüncü öğrencinin demir çubuktaki metalik bağı açıklarken yaptığı çizim

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrencilerin her ikisi de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı açıklamalar vermişlerdir. Her iki öğrenci de (Ö5 ve Ö16) açıklamalarında; *metallerin son enerji düzeylerindeki değerlik elektronlarının hem kendilerinin hem de komşu atomların son enerji düzeylerindeki boş orbitallerde hareket ettiğinden, bu nedenle tüm atomların etrafında elektron denizine benzer bir yapı oluştuğundan, bu değerlik elektronlarının boş orbitallerde dolaşması ve atomdan biraz uzaklaşması nedeniyle atomun geri kalan kısmının pozitif yüklü olduğundan ve atomun geri kalan pozitif yüklü kısmı ile elektron denizindeki negatif yüklü elektronlar arasındaki etkileşim nedeniyle metal atomlarını bir arada durduklarından* bahsetmişlerdir. Her iki öğrenci de (Ö5 ve Ö16) metalik bağ için demir (Fe) örneğini vermiş ve açıklamalarını bu örnek üzerinde yapmışlardır. Ayrıca, her iki öğrenci de metalik bağ için verdikleri demir örneğinde metalik bağın nasıl gerçekleştiğini ve metalik bağ için zihinlerinde düşündükleri modeli açıklarlarken kendilerine verilen kağıda bazı çizimler yapmışlardır. Örneklemedeki beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): ... Birincisi; hangi atomlar arasında meydana gelir metalik bağ?

(Ö5): Bu diğerlerinden farklı, metaller arasındaki bağıdır metalik bağ. Bir deniz var... (Şekil 22'yi çiziyor)... Mesela demir metali. Burada elektronlar dağılıyor. Deniz gibi, her tarafa. (+) yüklü atomun diğer kısımları da merkezde toplanıyor. Metallerin birinin elektronu diğerinin boş orbitallerine geçebiliyorlar. Metallerin oynak elektronları var. Bu elektron diğer atomların boş orbitallerine gidiyor.

(A): Tamam. Sen nasıl oluştuğuna geçtin hemen zaten. Ne demek istiyorsun, elektron alışverişi mi oluyor atomlar arasında?

(Ö5): Hayır. Bu elektronlar demir atomlarının boş orbitallerinde, boş değerlik orbitallerinde doluyorlar. Alma verme olsa iyonik olurdu. Ortaklaşa da kullanmıyorlar. Bu biraz daha farklı. Metal atomlarının değerlik elektronları birbirlerinin boş değerlik orbitallerinde doluyorlar.

(A): Şimdi sen başladın hemen anlatmaya ama bir kez daha anlatır mısın, baştan itibaren adım adım?

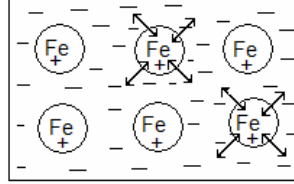
(Ö5): Şimdi metallerin değerlik elektronları var. Vermek isterler zaten bunları. Ama birde elektronu olmayan orbitalleri var. Boş. İşte metallerin bu elektronları, hepsi yan yana olduğu için birbirine çok yakınlar, birbirlerinin boş orbitallerinde dolaşırlar. Her tarafa giderler. Deniz gibi. Elektron denizi deniyor işte buna o yüzden.

(A): Peki sen diyorsun ki: bu metalin elektronları (Şekil 22'deki atomlardan birini göstererek) yandaki metalin boş olan değerlik orbitallerine geçer. O zaman elektron alışverişi olmuş olmuyor mu?

(Ö5): Hayır ama. Hem o zaman hepsi de vermek ister elektronlarını, ihtiyaçları yok. Bunların hepsi vermek istiyorlar. O yüzden bir alma verme söz konusu değil. Niye alsın ki?

(A): Peki aralarındaki bağ nasıl oluşuyor? Yani, atomlar nasıl bağ yapıyorlar?

(Ö5): Burada artı yüklü kısımlar var (Şekil 22'deki yuvarlak kısımları göstererek). Bunlar demir atomunun geriye kalan kısımları. Bunlar artı yüklüdür. Çünkü bir verme olmasa da, kısmen de olsa elektronlar uzaklaşıyor atomdan. Dolayısıyla merkez artı (+) yüklü oluyor. Bu (+) yükler ile elektron denizi arasında da bir çekim oluşuyor. Şöyle (demir atomları ile elektronlar arasında çekimi göstermek için oklar yaptı). Böylece bir arada duruyorlar.



Şekil 22. Beşinci öğrencinin demir metalindeki metalik bağı açıklarken yaptığı çizim

(A): Nasıl oluşuyor metalik bağ peki metal atomları arasında?

(Ö16): Metaller arasındaki bağıdır. Demir atomları vardı mesela (Şekil 23'ü çizdi)... Etrafında elektron denizi vardı. Sınıftaki şekli hatırlıyorum. Demir atomları elektron denizinde yüziyorlardı.

(A): Elektron denizi ne demek?

(Ö16): Bu atomların elektronları diğer atomlarında boş orbitallerinde dolaşabiliyorlar ama elektronlar yine aynı atomun. Bu elektronlar diğer atomların boş orbitallerinde geziyorlar. Böylece hepsini içine alan bir elektron denizi gibi. Yani bütün metal çekirdeklerinin içinde olduğu elektron denizi gibi.

(A): Söylediklerini adım adım anlatır mısın, sırayla?

(Ö16): Metalik bağ metal metal arasında olur. Metaller son yörüngelerinde oynak elektronlara sahiptirler. Ayrıca yine son yörüngelerinde boş orbitalleri de vardır. Bu elektronları yandaki çevresindeki diğer metal atomlarının son yörüngelerinde dolaşırlar. Onların boş değerlik orbitallerinde dolaşırlar. Öbürkülerinkiler de onun son yörüngesinde dolaşırlar. İşte böyle dolaşırken sanki elektron denizi gibi görünürler. Elektron denizi denir buna.

(A): Peki bağ nasıl oluşuyor tamam elektronlar gezebiliyor ama? Yani, atomlar nasıl bir arada duruyor?

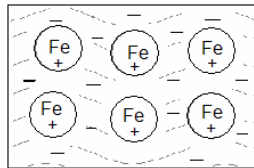
(Ö16): Elektron denizi içerisinde oldukları için bir arada tutuluyorlar. Çünkü bu atomlar tüm elektronları çekiyorlar. Hepsi de çektiği için bir arada duruyorlar.

(A): Bir elektron alışverişi var mı?

(Ö16): Yok öyle olsa iyonik bağ olurdu.

(A): Elektron ortaklaşması var mı?

(Ö16): Ortaklaşa kullanmıyorlar. Ortaklaşa kullansalar kovalent oluyor. Bunlar (demir atomlarını göstererek) pozitif, bu aralar da (atomlar arasındaki elektron denizini göstererek) negatif oluyor. Dolayısıyla pozitif yüklü kısımla, yani atomun geriye kalan kısmı, değerlik elektronlarını verdikten sonra kalan kısmı ile buradaki elektron denizi arasında bir çekim oluşur. Bu aradaki bağa metalik bağ denir.



Şekil 23. On altıncı öğrencinin demir metalindeki metalik bağı açıklarken yaptığı çizim

5. Soru: Hidrojen bağı hangi tür yapılar arasında oluşur?

Mülakatın beşinci sorusu, mülakatın “*Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Yoksa farklı oluşma şekilleri var mıdır?*” sorusuna cevap verirken moleküller arası kuvvetlerden ve onların bir türü olan hidrojen bağından bahseden öğrencilere sorulmuştur. Nitekim, mülakat yapılan öğrencilerin hepsi de moleküller arası kuvvetlerden ve onların isimlerini sayarken hidrojen bağından bahsetmişlerdir. Mülakatın “Hidrojen bağı hangi tür yapılar arasında oluşur?” sorusunda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *hidrojen bağının moleküller arası bir kuvvet olduğundan ve yapısında elektronegatifliği yüksek olan F, O, N gibi atomlarla birlikte hidrojen atomunu da içeren moleküller arasında gerçekleştiğinden* bahsetmeleridir. Öğrencilerin hidrojen bağının hangi tür yapılar arasında gerçekleştiğiyle ilgili anlamalarını araştıran bu soruya, örneklemdaki öğrencilerin bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirken, bazıları ise kavram yanlışlarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanlışlığı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin hidrojen bağını bir kimyasal bağ olarak düşündüğünü ve onu hidrojen atomunun yaptığı atomlar arası bir bağ olarak nitelendirdiklerini göstermektedir. Altıncı öğrenci mülakatın birinci sorusundaki “*Kimyasal bağların hepsi aynı mıdır, yoksa türleri var mıdır?*” alt sorusuna cevap verirken hidrojen bağını *molekülleri bir arada tutan bağlar* olarak sınıflandırmasına rağmen, mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *hidrojen bağının hidrojen atomu ile eksi bir (-1) değerlikli ametaller arasında gerçekleştiğini* ifade etmiş ve hatta *HCl ve H₂O gibi moleküllerdeki atomları bir arada tutan bağın hidrojen bağı olduğunu* söylemiştir. Benzer şekilde onuncu öğrenci mülakatın birinci sorusundaki “*Kimyasal bağların hepsi aynı mıdır, yoksa türleri var mıdır?*” alt sorusuna cevap verirken *hidrojen bağının da bir kimyasal bağ olduğunu, ancak hidrojen bağının molekülleri bir arada tutan bağlardan biri olduğunu* ifade etmesine rağmen, mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *hidrojen bağının hidrojen atomu ile oksijen, azot, brom gibi elektronegatif atomlar arasında gerçekleştiğini* ifade etmiş ve hatta *HCl, HBr ve H₂O gibi moleküllerdeki atomları bir arada tutan bağın hidrojen bağı olduğunu* söylemiştir. Her iki

öğrenci de (Ö6 ve Ö10) verdikleri örneklerin açık formüllerini çizerek, atomlar arasında var olduğunu düşündükleri hidrojen bağı yapıtları çizimler üzerinde göstermişlerdir. Altıncı öğrencinin (Ö6) ön ve son testlerde “hidrojen bağı iyonik ve kovalent bağlar da dahil olmak üzere tüm kuvvetlerden daha güçlüdürler” yanılıısına sahip olduğunun belirlenmesi üzerine, mülakatın bu sorusunun devamında ona hidrojen bağıının ne kadar kuvvetli olduğu sorulmuştur. Altıncı öğrenci bu soruya testte verdiği cevaplara benzer şekilde “Bağlar arasında en kuvvetlisi hidrojen bağıdır, iyonik ve kovalent bağdan daha güçlüdür” şeklinde bir cevap vermiştir. Örneklemedeki altıncı ve onuncu öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

- (A): Evet. Ne demiştin sen? Moleküller arasındaki bağlar var demiştin bir de. Hidrojen bağı söylemiştin. Ne tür yapılar arasında oluşuyor hidrojen bağı, biraz açıklar mısın?
 (Ö6): Hidrojen bağı... hidrojen bağında bileşikte hidrojen olacak. Mesela HCl. Birde eksi bir (-1) değerlikli ametaller olacaktı yanlış hatırlamıyorsam. Mesela klor, brom, iyot.
 (A): Biraz daha açıklar mısın söylediklerini?
 (Ö6): (Şekil 24’ü çizdi). İşte şurada (H ve Cl atomu arasındaki bağı göstererek)... Hidrojenle klor arasındaki bağ mesela.
 (A): Su da hangi bağ var?
 (Ö6): Onda da var hidrojen bağı.
 (A): Ama bu eksi bir (-1) yüklü değil. Oksijen eksi iki (-2) yüklü.
 (Ö6): Neden olduğunu tam bilmiyorum ama var.
 (A): Ama sen daha önce suyu iyonik bağa örnek olarak verdir.
 (Ö6): Evet, iyonik bağıdır. Ama aynı zamanda hidrojen bağı da var.
 (A): Hidrojen bağı iyonik bağıın bir türü mü o zaman?
 (Ö6): Olabilir. Eğer hidrojen varsa bileşikte, hem iyonik hem de hidrojen bağı yapıyor olabilir.
 (A): Bu aradaki bağ hidrojen bağıdır mı diyorsun şimdi? Başlangıçta farklı söylemiştin.
 (Ö6): Bence öyle ama... çünkü suda hidrojen bağı vardı. Demek ki ikisi de var.
 (A): Peki hidrojen bağı kuvvetli bir bağ mıdır, yoksa zayıf mı?
 (Ö6): Kuvvetlidir. En kuvvetli bağdır hidrojen bağı.
 (A): İyonik ve kovalent bağdan da mı daha kuvvetli?
 (Ö6): Evet. Bağlar arasında en kuvvetlisi hidrojen bağıdır.



Şekil 24. Altıncı öğrencinin hidrojen bağıının ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizimler

- (A): Evet, sen demiştin ki: iki tür kimyasal bağ vardır. Biri atomlar arasındaki, diğeri moleküller arasındaki demiştin ve çeşitlerini sıralamıştın. İlk olarak hidrojen bağından konuşalım. Ne tür yapılar arasında oluşuyor hidrojen bağı, biraz açıklar mısın?
 (Ö10): Hidrojenle elektronegatifliği yüksek olan atomlar arasında.
 (A): Biraz daha açıklar mısın? O elektronegatifliği yüksek dediğin atomlar hangileri?
 (Ö10): Mesela hidrojenle oksijen mesela.
 (A): Başka?
 (Ö10): Oksijen, azot, brom, iyot gibi atomlar.
 (A): Biraz daha açıklar mısın?
 (Ö10): Hidrojenle oksijen, azot, brom, iyot gibi elektronegatifliği yüksek atomlar arasındaki bağı?

(A): Bu söylediklerine göre suda hidrojen bağı var mı?

(Ö10): Evet.

(A): Neresinde hidrojen bağı?

(Ö10): Hidrojenle oksijen arasında (Şekil 25'teki su çizimini yaptı).

(A): Peki başka bir örnek ver bakalım?

(Ö10): HBr mesela (Şekil 25'teki HBr çizimini yaptı).

(A): Neresinde hidrojen bağı?

(Ö10): H atomuyla Br atomu arasındaki bağı.

(A): Peki HCl'de var mı hidrojen bağı.

(Ö10): Onda da var.

(A): Ama sen daha önce HCl'de iyonik bağı var demiştin.

(Ö10): Evet, aynı zamanda ikisi de ametal olduğu için iyonik bağıdır. Ama aynı zamanda hidrojen bağıdır bu.

(A): O zaman ne farkı var iyonik bağıdan? Niye ikisini ayrı ayrı yazdın; birine iyonik bağı dedin, diğerine hidrojen bağı?

(Ö10): (bir süre düşündü ve sustu)...

(A): Atom ve molekül nedir biliyor musun?

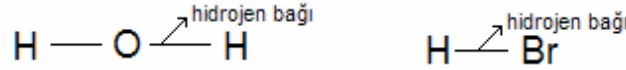
(Ö10): Atom maddenin yapı taşıdır. Molekülde farklı iki atomun bir araya gelerek oluşturduğu bütündür.

(A): Peki o zaman burada molekül nerde var?

(Ö10): ... (cevap vermedi)

(A): Neyse, ne diyorsun sen şimdi hidrojen bağı için?

(Ö10): Hidrojenle flor, klor, oksijen, brom gibi atomlar arasındaki bağıdır.



Şekil 25. Onuncu öğrencinin hidrojen bağına ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizimler

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci ve dördüncü öğrenciler (Ö1 ve Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Bu soruya her iki öğrenci de *hidrojen bağına moleküller arası bir kuvvet olduğu ve yapısında elektronegatifliği yüksek olan F, O, N gibi atomlarla birlikte hidrojen atomunu da içeren moleküller arasında gerçekleştiği* cevabını vermişlerdir. Örnekleme birinci öğrenci hidrojen bağı için *su (H₂O) molekülleri* örneğini verirken, dördüncü öğrenci *su (H₂O) ve hidrojen klorür (HCl) molekülleri* örneklerini vermiştir. Ayrıca bu soruya cevap verirken her iki öğrenci de çizim yapmıştır. Her iki öğrenci de (Ö6 ve Ö10) su (H₂O) molekülleri arasında olduğunu düşündükleri hidrojen bağı için zihinlerinde düşündükleri modeli çizerek, açıklamalarını bu çizimler üzerinden yapmışlardır. Örnekleme birinci (Ö1) ve dördüncü (Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Evet. Sen bir de moleküller arasındaki bağlar var demiştin. Bunların kimyasal bağı olmadığını, fiziksel bağlar olduğunu söylemiştin. Bunları sayarken de hidrojen bağı saymıştın. Şimdi ondan başlayalım. Ne tür yapılar arasında oluşuyor hidrojen bağı, biraz anlat bakalım?

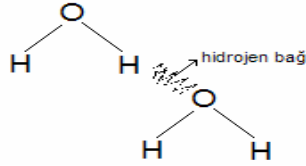
(Ö1): Bir hidrojenle elektronegatifliği yüksek olan herhangi bir atom arasında oluşur hidrojen bağı. Mesela hidrojenle oksijen arasında.

(A): Başka?

(Ö1): Hidrojenle... klor, flor mesela. Brom olabilir.

(A): Biraz daha ayrıntılı açıklar mısın?

(Ö1): Hidrojen bağı...şuradaki gibi... (Şekil 26'yı çiziyor ve bir yandan da açıklıyor)... birbirine komşu iki molekülde birinin hidrojeni diğerinin oksijeni arasında.



Şekil 26. Birinci öğrencinin hidrojen bağına ilişkin ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizim

(A): Evet. Sen bir de hidrojen bağı demiştin, değil mi?

(Ö4): Evet. Moleküller arası bağıdır o da.

(A): Hidrojen bağı ne tür yapılar arasında oluşuyor?

(Ö4): Hidrojen bağı moleküller arasında gerçekleşir. Mesela H_2O . Bu bağı oluşması için hidrojen ve oksijen olması lazım molekülün içinde. Eğer varsa bunlar hidrojen bağı oluştururlar.

(A): Peki mesela HCl 'de var mı? Hidrojen bağı?

(Ö4): Var.

(A): Nasıl oluyor o zaman. İçinde hidrojen ve oksijen olması lazım dedin.

(Ö4): Onda da var. Hidrojen olduğuna göre onda da var ama.

(A): O zaman senin tanımını şöyle değiştirmek lazım sanki?

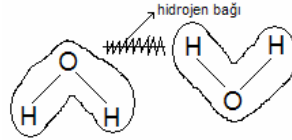
(Ö4): İçinde hidrojen olan moleküllerdeki bağı. Evet. Öyle demek daha doğru olur.

(A): Peki molekülün neresinde bu bağ, içinde mi?

(Ö4): Şöyle... (Şekil 27'yi çizdi). Moleküllerin arasındakidir hidrojen bağı.

(A): (O ile H atomu arasındaki molekül içi bağı göstererek) Bu hangi bağı?

(Ö4): Kovalent bağıdır bunlar.



Şekil 27. Dördüncü öğrencinin hidrojen bağına ilişkin ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizim

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrenciler (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Bu soruya her iki öğrenci de *hidrojen bağına ilişkin moleküller arası bir kuvvet olduğu ve yapısında elektronegatifliği yüksek olan F, O, N gibi atomlarla birlikte hidrojen atomunu da içeren moleküller arasında gerçekleştiği* cevabını vermişlerdir. Her iki öğrenci de hidrojen bağına ilişkin açıklarken su (H_2O) molekülleri örneğini vermiş ve su molekülleri arasındaki hidrojen bağına ilişkin yaptıkları çizimlerle açıklamışlardır. Örnekteki Beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki hidrojen bağı demiştin sen bir de.

(Ö5): Evet.

(A): O neydi, kimyasal bağ mı?

(Ö5): Hayır. Moleküller arası kuvvetti.

(A): Hidrojen bağı ne tür yapılar arasında oluşuyor peki?

(Ö5): Hidrojen bağı... içinde hidrojen ve elektronegatifliği yüksek bir atom içeren moleküller arasında oluşur.

(A): Hangi atomlar mesela o elektronegatifliği yüksek dediğin atomlar?

(Ö5): Mesela oksijen. Mesela azot... Flor, klor gibi.

(A): Peki bir örnek verebilir misin?

(Ö5): Örnek... mesela suyu verebiliriz.

(A): Suyun açık formülünü yaz bakalım kağıdına.

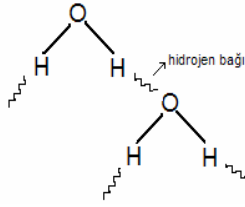
(Ö5): (Suyun açık formülünü yazdı)

(A): Neresinde hidrojen bağı bunun?

(Ö5): Bunun yanında bir tane daha olması lazım (Şekil 28'i çizdi) Bu ikisinin arasında. İşte... diğerleri de var tabi. Yanındakilerle...

(A): (O ile H atomu arasındaki molekül içi bağı göstererek) peki, bu hangi bağı?

(Ö5): Kovalent bağ o. Suda polar kovalent bağ vardır.



Şekil 28. Beşinci öğrencinin hidrojen bağının ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizim

.....

(A): Evet. Sen demiştin ki bir de: moleküller arasında kuvvetler vardır, bunlar kimyasal bağ değillerdir. Onları da saymıştın. Hidrojen bağı diye bir şey söylemiştin. Ondan bahsedelim şimdi. Ne tür yapılar arasında oluşuyor hidrojen bağı, biraz anlat bakalım?

(Ö16): Hidrojenle elektronegatifliği fazla olan flor, klor, brom, iyot gibi ametaller arasında olur.

(A): Örnek verebilir misin bir tane?

(Ö16): H_2O .

(A): H_2O 'da nerede bu bağ?

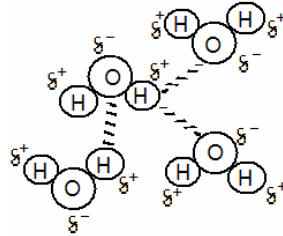
(Ö16): (Şekil 29'u çizdi)... Bu kısmen pozitif (çizdiği şekilde su moleküllerinden birinin hidrojenini göstererek), bu da kısmen negatif (çizdiği şekilde farklı bir su molekülünün oksijenini göstererek). Bunlarda da öyle (diğer molekülleri kastederek)..Bunların kısmen pozitif tarafıyla kısmen negatif tarafları birbirini çekiyor.

(A): Yani hidrojen bağı moleküllerin arasında diyorsun?

(Ö16): Evet.

(A): Peki bir tane su molekülünde H ile O arasında hangi bağ var?

(Ö16): Polar kovalent bağ.



Şekil 29. On altıncı öğrencinin hidrojen bağının ne tür yapılar arasında olduğunu açıklarken yaptığı çizim

“*Hidrojen bağı bu yapılar arasında nasıl oluşur?*” alt sorusu, öğrencilerin hidrojen bağının gerçekleştiğini ifade ettikleri yapılar arasında nasıl gerçekleştiğiyle ilgili anlamalarını araştırmaktadır. Başka bir deyişle; bu soruyla öğrencilerin hidrojen bağının yapısıyla ilgili anlamaları derinlemesine araştırılmaktadır. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *yapısında elektronegatifliği yüksek olan F, O, N gibi atomlarla birlikte hidrojen atomunu da içeren moleküllerde, yüksek elektronegatifliğe sahip bir atom ile düşük elektronegatifliğe sahip hidrojen atomunun bulunması nedeniyle, çok güçlü bir kutupluluğun oluştuğundan ve bu nedenle yan yana bulunan moleküllerin hidrojen bulunan tarafları (kısmen pozitif tarafları) ile yüksek elektronegatifliğe sahip atomun bulunduğu taraf (kısmen negatif taraf) arasında güçlü bir çekimin oluştuğundan* bahsetmeleridir. Mülakatın bu sorusuna öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişler. Ayrıca öğrencilerden biri bu soruya cevap verirken bazı ezbere bilgileri açıklamasında kullanmış ancak hidrojen bağının moleküller arasında nasıl oluştuğuyla ilgili doğru cevap olarak kabul edilebilecek açıklamalar yapamamıştır. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin hidrojen bağını bir kimyasal bağ olarak düşündüğünü ve onu hidrojen atomunun yaptığı atomlar arası bir bağ olarak nitelendirdiklerini göstermektedir. Altıncı öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *hidrojen bağının hidrojen atomu ile eksi bir (-1) değerlikli ametaller arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini* ifade etmiştir. Altıncı öğrenci daha önce elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşen bağın iyonik bağ olduğunu söylediği için, ona yöneltilen “*öyleyse iyonik bağdan farkı nedir?*” sorusuna *iyonik bağdan farkının; hidrojen bağının sadece hidrojen atomuyla diğer atomlar arasında meydana gelmesi olduğunu* söylemiştir. Onuncu öğrenci ise mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *hidrojen bağının; hidrojen atomu ile oksijen, azot, brom gibi elektronegatif atomlar arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini, bu elektron ortaklaşması sonucunda hidrojenin kısmen pozitif, bağ yaptığı oksijen, azot gibi atomların da kısmen negatif olduğunu ve bu kısmen pozitif ve kısmen negatif atomların birbirini çekmesi sonucu hidrojen bağının oluştuğunu* ifade etmiştir. Her iki öğrenci de

(Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna cevap verirken “*Hidrojen bağı hangi yapılar arasında oluşur?*” sorusuna cevap verirken yaptıkları çizimler üzerinden açıklamalarını yapmışlardır (Bkz. Şekil 24 ve 25). Örneklemdaki altıncı ve onuncu öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

- (A): *Peki bunlar arasında nasıl gerçekleşiyor hidrojen bağı?*
 (Ö6): *Tam bilmiyorum.*
 (A): *Biraz düşün istersen.*
 (Ö6): *... (bir süre sustu ve düşündü)...*
 (A): *Evet, ne düşünüyorsun? Nasıl gerçekleşiyor hidrojen bağı bu söylediğin atomlar arasında?*
 (Ö6): *Yine aynı galiba. Hidrojen artı birdir (+1). Klor da eksi bir (-1). Zıt yüklü olduğu için de birbirlerini çekerler ve bağ yaparlar.*
 (A): *Yani kovalent bağla aynı mı? Yanlış hatırlamıyorsam sen kovalent bağda da zıt yüklerin çekiminden bahsetmiştin.*
 (Ö6): *Evet. Aynı galiba.*
 (A): *Yani HCl’de kovalent bağ var. Öyle mi?*
 (Ö6): *Evet.*
 (A): *Hangi atom elektron veriyor peki?*
 (Ö6): *Hidrojen. Artı bir (+1) olduğu için.*
 (A): *Hidrojenin kaç elektronu var?*
 (Ö6): *1 tane.*
 (A): *Onu da verebiliyor mu?*
 (Ö6): *... (bir müddet sustu)... ben yanlış söyledim. Hidrojen ametaldir. Periyodik tabloda solda olmasına rağmen ametaldir. Hatırladım şimdi. O zaman iyonik bağ bu. Elektronlarını ortak kullanırlar. Her ikisinin de elektrona ihtiyacı olduğu için.*
 (A): *Tamam peki hidrojen bağı nerede?*
 (Ö6): *O da aynı. Aynısıdır bence? Tek fark hidrojenin olması.*
 (A): *Yani o da iyonik bağla aynı mı?*
 (Ö6): *Evet. O da aynı yine. O da elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşir. Ama hidrojenle bir atom arasında olunca hidrojen bağı oluyor. Ardaki fark bu olması gerek.*

- (A): *Peki nasıl gerçekleşiyor hidrojen bağı? Şimdi ondan bahsedelim.*
 (Ö10): *Bunlardan biri pozitif diğeri negatif olduğu için. Hidrojen pozitif, oksijen negatif*
 (A): *Niye negatif elektron mu aldı?*
 (Ö10): *Elektron alan negatif oluyor. Buradan hidrojenle oksijen arasında bir elektron alış veriş oluyor.*
 (A): *Öyle mi? Hangisi alıyor hangisi veriyor?*
 (Ö10): *Yok, öyle gerçekleşmiyordu. Bir saniye. Bunlar arasında iyonik bağ vardı. Elektronlarını ortak kullanır bunlar.*
 (A): *Suda H ile O arasında hangi bağ var?*
 (Ö10): *İyonik. Elektronlarını ortaklaşa kullanırlar.*
 (A): *Neyse. Hidrojen bağı nasıl oluşuyor bu atomlar arasında?*
 (Ö10): *Birbirlerini... biri pozitif diğeri negatif olduğu için birbirlerinin aralarında bir kuvvet oluşur. Çekerler birbirlerini.*
 (A): *E sen dedin ki: bunlar arasında iyonik bağ var, elektronlarını ortak kullanıyorlar. Elektron alınca veya verince olmuyor muydu pozitiflik veya negatiflik?*
 (Ö10): *... (bir süre düşündü ve sustu)... Elektronlarını ortaklaşa kullanıyorlar. Elektronlarını ortaklaşa kullandıkları için de pozitif ve negatif yükler oluşur. Galiba şeydi ama; kısmen pozitif ve negatif yük oluşuyor.*
 (A): *Nasıl oluşuyor bu kısmen pozitiflik yada negatiflik?*
 (Ö10): *Elektronlarını ortaklaşa kullandıkları zaman oluşuyor.*
 (A): *Her zaman mı oluşuyor ortaklaşa kullanınca?*
 (Ö10): *Evet.*

(A): Yani sen diyorsun ki: elektronlarını ortak kullandıkları için hidrojen atomu kısmen pozitif oluyor, oksijen de kısmen negatif. Bu yüzden de birbirleriyle hidrojen bağı yapıyorlar. Doğru mu anlamışım?

(Ö10): Evet. Ben biraz karıştırdım. Tam olarak anlatmak istediğim buydu.

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrenci (Ö1) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren bazı cevaplar verirken, dördüncü öğrenci mülakatın bu sorusuna cevap verememiştir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar her iki öğrencinin de hidrojen bağının nasıl oluştuğunu tam anlamamış olduklarını göstermektedir. Birinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *hidrojen bağının iki su molekülü arasında oluşma sebebinin; moleküllerdeki hidrojenlerin artı yüklü, oksijenlerin ise de eksi olması olduğunu ve hidrojen bağının; artı yüklü bu hidrojen atomu ile komşu moleküldeki eksi yüklü oksijen atomu arasındaki çekim olduğunu* ifade etmiştir. Dördüncü öğrenci ise mülakatın “*Hidrojen bağı hangi yapılar arasında oluşur?*” sorusunu açıklarken *hidrojen bağının moleküller arası bir kuvvet olduğunu ve hidrojen bağının yan yana bulunan iki su molekülünden birinin hidrojeni ile diğerinin oksijeni arasında oluştuğunu* ifade etmiş olmasına rağmen, mülakatın bu sorusunda iki su molekülü arasında hidrojen bağının nasıl oluştuğuna ilişkin bir açıklama getirmemiştir. Dördüncü öğrenci (Ö4) mülakatın bu sorusuna bir açıklama getiremediği için herhangi bir çizim yapmazken, birinci öğrenci (Ö1) “*Hidrojen bağı hangi yapılar arasında oluşur?*” sorusuna cevap verirken yaptığı çizimin üzerinde bazı değişiklikler yapmış ve bu soruda yaptığı açıklamalarında üzerinde değişiklik yaptığı bu çizimi kullanmıştır. Örneklemdaki birinci ve dördüncü (Ö1 ve Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki nasıl oluşuyor hidrojen bağı bu söylediğin moleküller arasında?

(Ö1): Onu tam bilmiyorum işte...

(A): Bunlar arasında da mı bir elektron alışverişi veya ortaklaşması oluyor?

(Ö1): Yok. Bunlar arasında olmaz.

(A): Neden?

(Ö1): Bunlar molekül artık, atom değil ki?

(A): İçinde yine atomlar yok mu?

(Ö1): Var. var ama...

(A): Peki nasıl bir arada duruyorlar acaba.

(Ö1): Birbirlerini çekerler.

(A): Evet ama nasıl çekiyorlar?

(Ö1): İşte... (bir süre düşündü ve sustu)... Hidrojen artı olduğu için, oksijen de eksi olduğu için olabilir.

(A): Nasıl biraz daha açıklar mısın?

(Ö1): Şimdi hidrojen artı bir (+1) ya. Oksijen de (-2). O yüzden birbirini çekiyor olabilir. Artıyla eksi çekerler birbirini.

(A): Nasıl yani çizdiğin şekilde anlatır mısın?

(Ö1): (Hidrojen bağı için yaptığı çizimde hidrojenin yanına artı, oksijenin yanına eksi işareti yaptı)
(Bkz. Şekil 30)... tam bilmiyorum ama böyle olabilir.

(A): Nasıl yani?

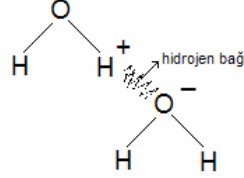
(Ö1): İşte hidrojen artı olduğu için oksijen de eksi olduğu için birbirini çekerler.

(A): Niye artı bu hidrojen elektron mu verdi?

(Ö1): Hayır...

(A): O zaman?

(Ö1): Tam bilemiyorum.



Şekil 30. Birinci öğrencinin hidrojen bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

.....

(A): Peki nasıl oluşuyor hidrojen bağı bu söylediğin moleküller arasında?

(Ö4): Şimdi tam bilmiyorum ama bunlar birbirini çekiyorlar. Aralarında bağı oluşuyor.

(A): Niye çekiyorlar birbirlerini?

(Ö4): ... (bir süre suskun kaldı ve düşündü)... bilemeyeceğim.

(A): E bu kadar çizmiştin her şeyi. Gösterdin su moleküllerini, arasındaki hidrojen bağını. Nasıl oluştuğunu bilmiyor musun?

(Ö4): Valla bunlar geliyor aklıma. Görmüştük aslında ama. Bu şekli hatırlıyorum, bu kesin de. Nasıl meydana geldiğini bilemiyorum.

(A): Biraz düşün bakalım belki gelir aklına.

(Ö4): ... (bir süre düşündü ve sustu)... yok. Bilemeyeceğim. Hatırlıyorum bu hidrojenle oksijenler çekiyordu falan diye ama, tam gelmiyor aklıma.

(A): Ne hatırlıyorsun? Hatırladığın kadarını söyle.

(Ö4): ... Yok. Bu kadar. Gelmiyor aklıma, geçelim bunu.

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrencilerin her ikisi de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı açıklamalar vermişlerdir. Her iki öğrenci de (Ö5 ve Ö16) açıklamalarında; *hem yüksek elektronegatifliğe sahip atomları hem de hidrojen atomunu içeren moleküllerde çok güçlü bir kutupluluğun oluştuğundan, bağ elektronları elektronegatifliği yüksek atomlar tarafından daha çok çekildiği için molekülün hidrojen tarafının kısmen pozitif, yüksek elektronegatifliğe sahip atomun bulunduğu tarafının ise kısmen negatif yüklü olduğundan ve yan yana bulunan moleküllerden birinin kısmen pozitif tarafları ile diğer molekülün kısmen negatif tarafı arasında güçlü bir çekimin oluştuğundan* bahsetmişlerdir. Beşinci öğrenci (Ö5) “Hidrojen bağı hangi yapılar arasında oluşur?” sorusuna cevap verirken yaptığı çizimi biraz düzenlemiş ve mülakatın bu sorusu için yaptığı açıklamalarda üzerinde değişiklik yaptığı bu çizimi kullanmış olmasına rağmen, on altıncı öğrenci (Ö16) “Hidrojen bağı hangi yapılar arasında oluşur?” sorusuna cevap verirken yaptığı çizimin

üzerinde hiçbir değişiklik yapmadan aynı çizimi mülakatın bu sorusu için yaptığı açıklamalarda da kullanmıştır. Örneklemedeki beşinci ve on altıncı (Ö5 ve Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki nasıl oluşuyor hidrojen bağı bu söylediğin moleküller arasında?

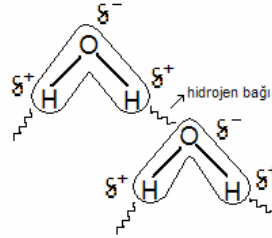
(Ö5): Bu örnek üzerinde anlatayım mı?

(A): Olur?

(Ö5): Şimdi bunlar su molekülleri ya şöyle (Şekil 28'de gösterilen su moleküllerinin etraflarını çizerek moleküle benzetmeye çalıştı). Bunun bu tarafı (hidrojen tarafını kastederek) kısmen pozitif oluyor. Oksijenin olduğu taraf da kısmen negatif oluyor (Şekildeki oksijen atomlarının üzerine kısmen negatif işareti, hidrojenlerin üzerine de kısmen pozitif işareti yaptı). Dolayısıyla birbirlerini çekiyorlar ve o yüzden su molekülleri dağılmıyor, bir arada duruyorlar (Bkz. Şekil 31).

(A): Peki neden hidrojen tarafı kısmen pozitif, diğer taraf kısmen negatif oldu?

(Ö5): Şimdi oksijenin elektronegatifliği fazla olduğu için ortaklaşa kullandığı elektronları kendine doğru çekiyor. Hidrojen de daha az elektronegatif olduğu için de kendine fazla çekemiyor ve bu yüzden sanki hidrojen tarafı kısmen pozitifmiş gibi oluyor. Oksijen daha çok çektiği için. İşte bu durum tüm moleküllerde olunca da, moleküllerin zıt kutupları birbirini çekiyorlar. Böylece bir arada duruyorlar.



Şekil 31. Beşinci öğrencinin hidrojen bağına nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

(A): H_2O 'da nerede bu bağ?

(Ö16): (Şekil 29'u çizdi)... Bu kısmen pozitif (çizdiği şekilde su moleküllerinden birinin hidrojenini göstererek), bu da kısmen negatif (çizdiği şekilde farklı bir su molekülünün oksijenini göstererek). Bunlarda da öyle (diğer molekülleri kastederek)..Bunların kısmen pozitif tarafıyla kısmen negatif tarafları birbirini çekiyor.

(A): Yani hidrojen bağı moleküllerin arasında diyorsun?

(Ö16): Evet.

(A): Peki bir tane su molekülünde H ile O arasında hangi bağ var?

(Ö16): Polar kovalent bağ.

(A): Peki. Biraz anlattın aslında ama bir daha anlatır mısın ayrıntılı olarak: Nasıl oluşuyor hidrojen bağı bu söylediğin moleküller arasında?

(Ö16): Bu tür moleküllerde işte, hidrojen tarafı kısmen negatif oluyor. Oksijen tarafı da kısmen pozitif oluyor. Dolayısıyla da birbirlerini çekiyorlar işte buradaki gibi (çizdiği şekil 29'u göstererek).

(A): Bu kısmen negatif ve kısmen pozitif ne demek?

(Ö16): Bu elektronegatiflikten kaynaklanan bir pozitiflik veya negatiflik demek. Yani elektron verme sonucu artı ya da elektron alma sonucu eksi değil de. Kısmen yani.

(A): Elektronegatiflik ne demek?

(Ö16): Elektronegatiflik, elektron alma isteği gibi bir şey. Elektronu kendine çekme isteği.

(A): Peki bu gösterdiğin şekillerde açıklar mısın bunu?

(Ö16): Şimdi oksijen elektronegatifliği yüksek bir atomdur. Hidrojen ise değildir. Dolayısıyla bu (oksijeni kastederek) elektronları kendine çeker. Bu yüzden kısmen negatif olur. Hidrojen de kendine çeker galiba ama, oksijen daha güçlü olduğu için elektronlar oksijene daha yakın olur. Öyle olunca da hidrojen de kısmen negatif olur. Böylece birbirlerini çekerler ve bir arada dururlar.

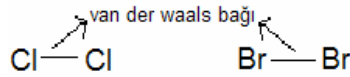
6. Soru: Van der Waals kuvvetleri ya da bağları hangi tür yapılar arasında oluşur?

Mülakatın bu sorusu, mülakatın “*Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Yoksa farklı oluşma şekilleri var mıdır?*” sorusuna cevap verirken moleküller arası kuvvetlerden ve onların bir türü olan Van der Waals kuvvetlerinden bahseden öğrencilere sorulmuştur. Nitekim, mülakat yapılan öğrencilerin hepsi de moleküller arası kuvvetlerden ve onların isimlerini sayarken Van der Waals kuvvetlerinden bahsetmişlerdir. Mülakatın bu sorusunda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *Van der Waals kuvvetlerinin kovalent bağlı tüm apolar moleküller arasında ve soygaz atomları arasında oluştuğundan* bahsetmeleridir. Öğrencilerin Van der Waals kuvvetlerinin hangi tür yapılar arasında gerçekleştiğiyle ilgili anlamalarını araştıran bu soruya, örneklemdaki öğrencilerin bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirken, bazıları ise kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna altıncı öğrencinin verdiği cevaplar, onun Van der Waals bağını bir kimyasal bağ olarak düşündüğünü ve onu soygazlar ve ametaller arasında gerçekleşen atomlar arası bir bağ olarak nitelendirdiğini göstermektedir. Altıncı öğrenci mülakatın birinci sorusundaki “*Kimyasal bağların hepsi aynı mıdır, yoksa türleri var mıdır?*” alt sorusuna cevap verirken Van der Waals bağını *moleküller arası bağlar* olarak sınıflandırmasına rağmen, mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *Van der Waals bağının soygazlar arasında ve elektron ihtiyacı olan ametaller arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleştiğini* ifade etmiş ve hatta *Cl₂ ve Br₂ gibi moleküllerde atomları bir arada tutan bağın Van der Waals bağı olduğunu* söylemiştir. Buna karşılık, bu soruya onuncu öğrencinin verdiği cevaplar ise onun Van der Waals bağının moleküller arası bir kuvvet olduğunu bildiğini ancak polar ve apolar kavramlarını karıştırdığı için Van der Waals kuvvetlerinin oluştuğu molekülleri karıştırdığını göstermektedir. Onuncu öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *Van der Waals bağının soygazlar arasında ve apolar moleküller arasında gerçekleştiğini doğru olarak ifade etmesine* rağmen, açıklamalarının devamında *apolar molekülün; farklı cins atomlardan oluşan moleküller olduğunu* ifade etmiş ve *polar ve apolar molekül* kavramlarını karıştırdığı için *iki su (H₂O) molekülünü bir arada tutan bağın Van der Waals bağı olduğunu* söylemiştir.

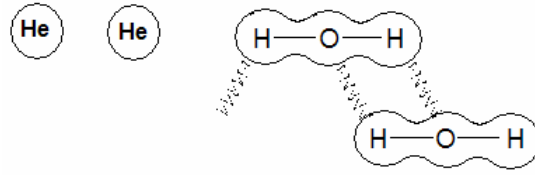
Her iki öğrenci de (Ö6 ve Ö10) Van der Waals kuvvetlerinin hangi yapılar arasında oluştuğunu göstermek için bazı çizimler yapmışlardır. Örneklemedeki altıncı ve onuncu öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

- (A): Van der Waals kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?
 (Ö6): Soygazlarla, apolar moleküllerde.
 (A): Ne demek apolar molekül?
 (Ö6): Aynı cins atomlardan oluşan molekül demek. Mesela Br_2 .
 (A): Peki soygazlarla apolar moleküllerde derken, bu ikisinin arasında mı demek istiyorsun?
 (Ö6): Hayır. Soygazların arasında olabilir. Bir de apolar kovalent bağ olan moleküllerde olabilir.
 (A): Bir örnek verir misin?
 (Ö6): Kararlı hale geçmek için birer elektron alması gerekiyor klor, brom, iyotun... (Şekil 32'yi çizdi). Ama elektron veremedikleri için, ikisinin de ihtiyacı var. bu nedenle ortaklaşa kullanırlar...
 (A): Evet dinliyorum. Bunlar örnek mi Van der Waals'e ?
 (Ö6): Evet. Yani apolar moleküllerin yaptığı Van der Waals bağları
 (A): Şimdi bu çizdiğin şekillerde Van der Waals bağı nerede?
 (Ö6): Klorla klor arasında. Burada da bromla brom arasında
 (A): Ama sen buna iyonik bağ demiştin daha önce. İyonik bağla arasındaki fark nedir? Yoksa aynı şeyler mi?
 (Ö6): Bilemeyeceğim.
 (A): Sen Van der Waals'e de elektron ortaklaşması diyorsun, iyonik için de aynı şeyi söylemiştin. Van der Waals iyonik bağla aynı mıdır? Yoksa onun bir çeşidi midir? Öyle bir ilişki var mı bu iki bağ arasında?
 (Ö6): Bilemeyeceğim.
 (A): Soygazlar dedin bir de. Onlara örnek verebilir misin?
 (Ö6): O da... Argon mesela. Kripton...
 (A): Onlar arasında nasıl oluşuyor. Yine elektron ortaklaşmasıyla mı?
 (Ö6): Bilemiyorum.



Şekil 32. Altıncı öğrencinin Van der Waals bağının ne tür yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler

-
- (A): Van der Waals kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?
 (Ö10): Soygazlarla apolar moleküller arasında meydana gelir.
 (A): Bir örnek verebilir misin?
 (Ö10): Soygaz atomu... He, Ne...Yanına ne olur... Ama bunların son yörüngeleri 8'e tamamlanmış zaten. Kafam karıştı nasıl olacaktı , helyum atomu bağ yapmıyordu (Şekil 33'teki soygaz atomlarını çizdi).
 (A): Peki, apolar moleküller arasında demiştin bir de. Ona örnek ver?
 (Ö10): Su mesela. Farklı atomlar arasında oluştuğuna göre.
 (A): Apolar molekül ne demek?
 (Ö10): Farklı kutuplu, farklı cins atomlar demek. Su mesela. Biri hidrojen biri oksijen.
 (A): Tamam, Van der Waals nerede burada? H ile O arasında mı?
 (Ö10): Hayır o moleküller arasında. (Şekil 33'teki su moleküllerini çizdi)
 (A): Yani H_2O ile H_2O arasındaki bağ mı?
 (Ö10): Evet.



Şekil 33. Onuncu öğrencinin Van der Waals bağının ne tür yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci ve dördüncü öğrenciler (Ö1 ve Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna birinci öğrencinin (Ö1) verdiği cevaplar onun Van der Waals bağının moleküller arası bir kuvvet olduğunu bildiğini göstermektedir. Ancak bu öğrencinin açıklamalarından *polar ve apolar kovalent bağ* kavramlarını karıştırdığı da anlaşılmaktadır. Birinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *Van der Waals bağının soygaz atomları ile polar kovalent bağlı moleküller arasında oluştuğunu yanlış* olarak ifade etmesine rağmen açıklamalarının devamında *polar kovalent bağ*; *aynı cins atomlar arasındaki bağ türü olduğunu* ifade eden öğrenci, *polar ve apolar kovalent bağ* kavramlarını karıştırdığı için bilimsel olarak doğru bir sonuca ulaşarak *oksijen (O₂) moleküllerini bir arada tutan bağın Van der Waals bağı olduğunu* söylemiştir. Mülakatın bu sorusuna dördüncü öğrencinin (Ö4) verdiği cevaplar ise onun Van der Waals kuvvetleri ile dipol-dipol kuvvetlerini karıştırdığına işaret etmektedir. Dördüncü öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *Van der Waals bağının polar moleküller arasında gerçekleştiğini ve H₂O, NH₃ gibi molekülleri bir arada tutan bağın Van der Waals bağı olduğunu* ifade etmiştir. Örneklemedeki birinci ve dördüncü öğrenciyle (Ö1 ve Ö4) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): ... Van der Waals kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?

(Ö1): Soygaz atomları ile polar kovalent bağlı moleküller arasında.

(A): Bir örnek verir misin?

(Ö1): Oksijen örneğin. Oksijen gazı. O₂. Bunun arasındaki bağ polar kovalent bağıdır. Van der Waals'te polar kovalent bağlı moleküllerde oluyor...

(A): Polar kovalent bağ ne demek?

(Ö1): Aynı cins atomlar arasında olunca polar, farklı cins atomlar arasında olursa apolar kovalent oluyordu.

(A): Şimdi bu verdiğin O₂ örneği polar kovalent bağlı molekül mü oluyor?

(Ö1): Evet. İki oksijen arasında polar kovalent bağ vardır.

.....

(A): ... Van der Waals kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?

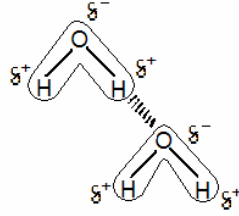
(Ö4): polar moleküller arasında.

(A): Biraz açıklar mısın?

- (Ö4): Kutuplu moleküller arasında yani
 (A): Polar ne demek?
 (Ö4): İki kutuplu, farklı cins atomlardan oluşan... Su mesela.
 (A): Suda nerede bu bağ? Su molekülünün içindeki H ile O arasında mı?
 (Ö4): Hayır. O kovalent bağ.
 (A): Van der Waals bağı nerede?
 (Ö4): Moleküllerin arasında. İki su molekülünün arasında.
 (A): Az önce su molekülleri arasında hidrojen bağı var demiştin sen?
 (Ö4): Suda hidrojen ve Van der Waals bağı vardır.
 (A): Başka örnekler verebilir misin?
 (Ö4): HCl olabilir. Amonyak vardı bir de.

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrenciler (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılığını içeren cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna birinci öğrencinin (Ö1) verdiği cevaplardan, onun Van der Waals kuvvetleri ile dipol dipol kuvvetlerini karıştırdığı anlaşılmaktadır. Beşinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda Van der Waals bağının kutuplu moleküller arasında gerçekleştiğini ve H_2O , HCl gibi molekülleri bir arada tutan bağın Van der Waals bağı olduğunu ifade etmiştir. Mülakatın bu sorusuna on altıncı öğrencinin (Ö16) verdiği cevaplar ise onun Van der Waals kuvvetlerinin sadece soygaz atomlar arasında gerçekleştiğini düşündüğünü ortaya çıkarmıştır. On altıncı öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda Van der Waals bağının soygaz atomları arasında gerçekleştiğini ifade etmiş ve Helyum (He) örneğini vermiştir. Beşinci öğrenci (Ö5) mülakatın bu sorusuna cevap verirken su molekülleri arasındaki Van der Waals kuvvetlerini çizerek göstermiş ve açıklamalarını bu çizim üzerinden yapmıştır. Örneklemedeki beşinci ve on altıncı (Ö5 ve Ö16) öğrenciyle (Ö5 ve Ö16) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

- (A): Peki gelelim Van der Waals'e. Van der Waals kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?
 (Ö5): Bunlar çok zayıf kuvvetlerdir. Bağ değillerdir. Moleküller arasında oluşur.
 (A): Hangi tür moleküller arasında olur?
 (Ö5): Örneğin H_2O ile H_2O . Şimdi bunların aralarındaki...(Şekil 34'ü çiziyor ve bir yandan da anlatıyor)... Böyle miydi?... Bunlar arasında... Van der Waals kuvvetlerinde moleküller arasında elektriksel bir çekim oluşur. Yani birbirlerinin kısmen pozitif ve kısmen negatif uçları arasında bir elektriksel çekim oluşur. H_2O kutuplu olduğu için.
 (A): Başka bir örnek daha verir misin?
 (Ö5): Başka... HCl .
 (A): Yani genellersen verdiğin örnekleri, ne tür yapılar arasında Van der Waals kuvvetleri.
 (Ö5): Kutuplu moleküller arasında.
 (A): Peki sen benzer şekli hidrojen bağı için de çizmiştin. Suda moleküller arasında hidrojen bağı mı var, yoksa Van der Waals mi?
 (Ö5): İkisi de var. hem hidrojen bağı hem de Van der Waals.



Şekil 34. Beşinci öğrencinin Van der Waals bağının ne tür yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

.....

(A): *Evet. Sen bir de Van der Waals kuvvetleri demiştin, değil mi?*

(Ö16): *Evet.*

(A): *O ne tür yapılar arasında oluşuyor?*

(Ö16): *Soygazlar arasındaki bağlardır.*

(A): *Başka?*

(Ö16): *Nasıl yani?*

(A): *Tamam, neyse. Soygazlar bağ yapıyor muydu?*

(Ö16): *Bağ değil bu, aralarında bir çekim oluşuyor.*

(A): *Nasıl yani bir örnek verir misin?*

(Ö16): *Mesela helyum atomu.*

(A): *Evet? Helyum atomuyla neyin arasında?*

(Ö16): *Yani iki tane helyum atomu arasında.*

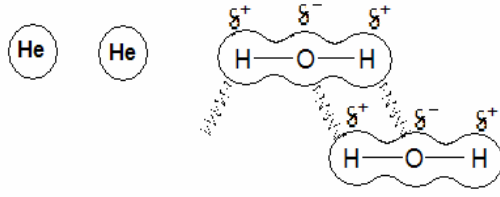
“Van der Waals kuvvetleri bu yapılar arasında nasıl oluşur?” alt sorusu, öğrencilerin Van der Waals kuvvetlerinin ifade ettikleri atomlar ya da moleküller arasında nasıl gerçekleştiğini düşündükleri ile ilgili zihin yapılarını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu soru, öğrencilerin Van der Waals kuvvetlerinin oluşumu ile ilgili anlamalarını daha derinlemesine araştırma imkanı verdiği için özellikle önemlidir. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *soygaz atomlarında ve apolar moleküllerde normalde yük dağılımının homojen (simetrik) olduğundan, ancak bazı şartlarda yan yana bulunan soygaz atomlarındaki veya apolar moleküllerdeki simetrik yük dağılımının kısa bir süre için bozulabileceğinden, yük dağılımındaki bu anlık bozulma sonucu normalde kutuplu olmayan bu atom veya moleküllerde kısmen pozitif ve kısmen negatif uçların oluştuğundan* ve dolayısıyla *kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlara sahip bu atom veya moleküller arasında bir çekimin oluşacağından* bahsetmeleridir. Mülakatın bu sorusuna öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanlışlarını içeren cevaplar vermişler. Ayrıca öğrencilerden bazıları bu soru için açıklama yapamamış ve “*Bilmiyorum*” şeklinde cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerekleştiiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılığı içeren cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna altıncı öğrencinin verdiği cevaplar, onun Van der Waals bağının arasında gerekleştiiği yapılar olarak ifade ettiği soygazlar ve ametaller arasında nasıl gerekleştiiğini bilmediğini göstermektedir. Altıncı öğrenci mülakatın bu sorusuna cevap verirken, başlangıçta *Van der Waals bağının soygazlar arasında ve elektron ihtiyacı olan ametaller arasında elektron alışverişi şeklinde gerekleştiiğini* ifade etmesine rağmen, açıklamalarının devamında *soygazların bağ yapmadığına* karar vermiş ve bu atomlar arasında Van der Waals bağlarının nasıl oluştuğunu bilmediğini söylemiştir. Onuncu öğrencinin mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar ise onun *polar ve apolar* kavramlarını karıştırmamasından dolayı Van der Waals kuvvetleri ile dipol-dipol kuvvetlerini de karıştırdığını göstermektedir. Ayrıca onuncu öğrenci soygazlar arasında Van der Waals kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu da açıklayamamıştır. Polar ve apolar kavramlarını karıştıran onuncu öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *farklı cins atomlardan oluşan apolar moleküllerde; molekülü oluşturan atomlardan daha elektronegatif olanın bağ elektronlarını kendisine daha çok çektiğinden, bu nedenle molekülde kısmen pozitif ve kısmen negatif uçların oluştuğundan ve yan yana bulunan iki molekülün birinin kısmen pozitif tarafı ile diğerinin kısmen negatif tarafı arasında bir çekim oluştuğundan* bahsetmiştir. Ayrıca açıklamalarının devamında kendisine yöneltilen “*soygazlar arasında Van der Waals kuvvetleri nasıl oluyor?*” şeklindeki takip eden (follow-up) soruya *soygazların bir molekül olmadığını, bu yüzden de iki atom içermediğini, bir tane atomda kısmen negatif ve kısmen pozitif uçların nasıl oluştuğunu bilmediğini* ifade etmiştir. Altıncı öğrenci (Ö6) bu soruya cevap verirken “*Van der Waals kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?*” sorusuna cevap verirken yaptığı çizimi biraz düzenlemiş ve yaptığı açıklamalarda üzerinde değişiklik yaptığı bu çizimi kullanmıştır. Ayrıca, onuncu öğrencinin (Ö10) ön ve son testlerde Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğü ve Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğünü etkileyen faktörlerle ilgili bazı yanlış anlamalara sahip olduklarının belirlenmesinin üzerine, mülakatın bu sorusunun devamında ona bunlarla ilgili bazı sorular yöneltilmiştir. Onuncu öğrenci bu sorulara verdiği açıklamalarda *Van der Waals kuvvetlerinin dipol-dipol kuvvetlerinden ve hidrojen bağlarından daha güçlü olduğunu, Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğünün sadece molekül veya atomun büyüklüğüne bağlı olduğunu* ifade etmiştir.

Örneklemedeki altıncı ve onuncu öğrenciyle (Ö6 ve Ö10) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

- (A): ...Onlar arasında nasıl oluşuyor? Yine elektron ortaklaşmasıyla mı?
 (Ö6): Bilemiyorum.
 (A): Peki biraz düşünsen. Ben sana süre vereyim biraz. Sen düşün, hatırlamaya çalış Van der Waals bu söylediğin yapılar arasında nasıl oluşur. Sonra da bana açıklarsın.
 (Ö6): ... (bir süre düşündü)...
 (A): Evet. Söyleyebilecek misin; Van der Waals bu söylediğin yapılar arasında nasıl oluşuyor?
 (Ö6): Aklıma çok bir şey gelmedi ama elektron ortaklaşmasıydı galiba.
 (A): Nasıl yani, biraz açıklar mısın? Mesela klor örneğini vermiştin sen. Nasıl oluşuyor klorlar arasında Van der Waals?
 (Ö6): Şimdi klor atomunun ikisinin de elektrona ihtiyacı var. Elektron verecek bir metal atomu da olmadığı için birbirlerinin elektronlarını ortaklaşa kullanıp sekize tamamlarlar.
 (A): Bunu sen daha önce iyonik bağ için de söylemiştin. Van der Waals ile iyonik bağ aynı mı?
 (Ö6): Değildir ama... Bilmiyorum.
 (A): Peki birde soygazlar arasında oluşuyor demiştin. Onlar arasında da elektron ortaklaşması mı var.
 (Ö6): Ya aslında onlar bağ yapmaz ama. Acaba Van der Waals soygazlarda değil miydi? Tam bilemiyorum.
 (A): Neyse geçelim o zaman.

- (A): Peki nasıl oluşuyor Van der Waals bu söylediğin yapılar arasında?
 (Ö10): Şimdi oksijen elektronları kendisine daha çok çektiği için oksijen tarafı kısmen negatif oluyor. Hidrojen de daha az çektiği için o da kısmen pozitif oluyor (Şekil 33'deki su moleküllerinin hidrojen taraflarına kısmen pozitif, oksijen taraflarına kısmen negatif işareti yaptı. Bkz. Şekil 35). İşte bunun (Şekil Y'deki su moleküllerinden birini kastederek) hidrojeni ile bunun (Şekil 35'deki su moleküllerinden diğerini kastederek) oksijeni arasında bir çekim oluşuyor ve bu yüzden bir arada duruyorlar.
 (A): Peki helyum ve neon gibi soygazlar arasında nasıl oluşuyor?
 (Ö10): Onları tam emin değilim.
 (A): Sen yine de anlat. Düşündüğün şey önemli. Doğru veya yanlış olması önemli değil.
 (Ö10): Ya bunlarda da kısmen pozitif ve kısmen negatif oluyor diyeceğim ama. Bunlar zaten bir tane. Bundaki (su molekülünü kastederek) gibi iki atom yok ki. Bilmiyorum soygazlarda nasıl oluştuğunu. Aslında aynı olması lazım ama. Hatırlayamadım bunda nasıl oluyordu kısmen pozitiflik veya kısmen negatiflik. Bilemeyeceğim yani.
 (A): Peki Van der Waals bağları güçlü bağlar mıdır?
 (Ö10): Evet. Su moleküllerini bir arada tutarlar. O yüzden kaynama noktası yüksektir suyun.
 (A): İyonik ve kovalent bağdan güçlü müdür peki?
 (Ö10): Yok, onlar atomlar arasında. Bu moleküller arasındaki bağıdır.
 (A): Peki dipol-dipol ve Van der Waals'le kıyaslıysan gücünü ne söylersin?
 (Ö10): ... (bir süre düşündü)... bu en güçlüsüydü galiba. Çünkü... bilmiyorum. Suyun kaynama noktası çok yüksekti, kendisine benzeyen H₂S'ten falan.
 (A): Peki. Van der Waals bağları suda var dedin ya sen.
 (Ö10): Evet.
 (A): Diyelim bir de ne olsun. Helyum olsun. Onu örnek vermiştin sen. Helyumlar arasındaki Van der Waals kuvvetleri mi daha büyüktür, yoksa su molekülleri arasındakiler mi?
 (Ö10): Sudaki.
 (A): Neden?
 (Ö10): Van der Waals moleküllerin büyüklüğüne bağlıydı. Kim büyükse, onlar arasındaki Van der Waals daha büyüktü.
 (A): Peki başka nelere bağlı?
 (Ö10): Bu kadar. Büyüklük önemliydi. Başka bir şey yok. Büyük moleküller arasındaki Van der Waals kuvvetleri küçük moleküllerdekine göre daha büyüktü.



Şekil 35. Onuncu öğrencinin Van der Waals bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrenci (Ö1) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı açıklamalar verirken, dördüncü öğrenci (Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar vermiştir. Aslında mülakatın “*Van der Waals kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?*” sorusuna verdiği açıklamalarda *Van der Waals bağının soygaz atomları ile polar kovalent bağlı moleküller arasında oluştuğunu* yanlış olarak ifade eden birinci öğrenci, açıklamalarının devamında *polar kovalent bağ; aynı cins atomlar arasındaki bağ türü olduğunu* söylemiştir. Yine aynı soruya verdiği açıklamalarda *polar ve apolar kovalent bağ* kavramlarını karıştırdığı anlaşılan birinci öğrenci, bu kavramları karıştırması sonucunda bilimsel olarak doğru bir sonuca ulaşmış ve *oksijen (O₂) moleküllerini bir arada tutan bağın Van der Waals bağı olduğunu* söylemiştir. Nitekim, birinci öğrencinin mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun Van der Waals kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu bildiğini, ancak sadece *polar ve apolar* kavramlarını karıştırdığını ortaya çıkarmıştır. Birinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *O₂ gibi polar moleküllerde elektron dağılımının simetrik olduğundan, ancak gelişigüzel hareket eden bu elektronların bazı durumlarda simetrisinin bozulduğundan ve molekülde bir kutupluluğun olduğundan, bu kutuplanmanın sonucu olarak da yan yana bulunan moleküllerden birinin eksi yüklü tarafı ile diğerinin artı yüklü tarafı arasında bir çekim olduğundan* bahsetmiştir. Mülakatın bu sorusuna dördüncü öğrencinin (Ö4) verdiği cevaplar ise onun Van der Waals kuvvetleri ile dipol dipol kuvvetlerini karıştırdığına işaret etmektedir. Dördüncü öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda; *kutuplu moleküllerdeki atomlardan daha elektronegatif olanının bağ elektronlarını kendisine daha çok çektiğini, bu nedenle moleküllerde kısmen pozitif ve kısmen negatif uçların olduğunu ve yan yana bulunan iki molekülün birinin kısmen pozitif tarafı ile diğerinin kısmen negatif tarafı arasında bir çekim oluşması nedeniyle de moleküllerin bir arada durduğunu* ifade etmiştir. Birinci öğrenci Van der Waals kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklamak için *oksijen*

moleküllü (O₂) örneğini verirken, dördüncü öğrenci *hidrojen klorür (HCl)* örneğini vermiştir. Her iki öğrenci de Van der Waals kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu verdikleri örnek üzerinde açıklarken çizimler yapmışlardır. Ayrıca, dördüncü öğrencinin ön ve son testlerde verdiği cevaplardan, onun *Van der Waals kuvvetlerinin hidrojen bağından güçlü olduğu* yanılığısına sahip olduğunun belirlenmesinin üzerine, mülakatın bu sorusunun devamında ondan Van der Waals kuvvetleri ile hidrojen bağını güçleri açısından karşılaştırması istenmiştir. Dördüncü öğrenci kendisine yöneltilen bu soruya testlerde verdiği cevaplarla uyumlu şekilde cevap vermiş ve *Van der Waals kuvvetlerinin hidrojen bağından ve dipol-dipol kuvvetlerinden daha güçlü olduğunu* ifade etmiştir. Örneklemedeki birinci ve dördüncü öğrenciyle (Ö1 ve Ö4) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Peki nasıl oluşuyor Van der Waals kuvvetleri bu söylediğin moleküllerde.*

(Ö1): *Şimdi oksijen ametal olduğu için elektrona ihtiyacı var. Elektron alamadığı için başka bir yerden elektronlarını ortaklaşa kullanmak zorunda kahr. Bu nedenle ikisi aralarında kovalent bağ yaparlar.*

(A): *Sen Van der Waals'ten mi bahsediyorsun?*

(Ö1): *Yok. Bu polar kovalent bağın nasıl oluştuğunu anlattım.*

(A): *Hayır. Sen dedin ya: Van der Waals soygaz atomları ile polar kovalent bağlı moleküller arasında oluyor diye. O nasıl oluyor? Onu anlatmanı istedim senden.*

(Ö1): *Tamam. Özür dilerim, ben yanlış anladım. O zaman... şöyle açıklayayım... (Şekil 36'yı çizdi)*

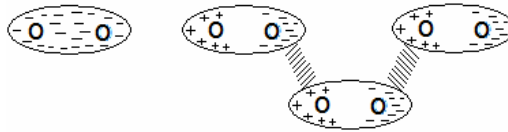
(A): *Şimdi bu oksijen molekülünde elektronlar molekülün her tarafına simetrik dağılmıştır. Yani normalde böyledir oksijen molekülü (Şekil 36'da soldaki O₂ molekülü şekli çizdi). Ama bazen, elektronlar gelişigüzel hareket ettikleri için molekülün içinde, bazen bu simetrik bir dağılım olmaz. Yani elektronlar bir tarafa çok toplanmış olabilir. İşte böyle olur o zamanda (Şekil 36'da sağdaki O₂ molekülünü çizdi). Moleküllerde bir kutuplanma oluşur. İşte kutuplanma olunca da bunlar birbirlerini çekmeye başlarlar. Birinin artı tarafı ile birinin eksi tarafı birbirini çeker. Böylece Van der Waals oluşur aralarında.*

(A): *Bu artıyla gösterdiklerin ne proton mu?*

(Ö1): *Hayır şimdi bu elektronlar sağ tarafa toplandı ya. İşte bu elektronların daha az olduğu yer kısmen pozitifmiş gibi oluyor. Yani aslında proton yok orda. Öyle gösteriyoruz sadece.*

(A): *Peki soygazlarda nasıl oluşuyor?*

(Ö1): *Aynısı. Yine onlarda da elektronlar simetrik dağılmıştır atomun her tarafına. Ani bir bozulmayla onda da böyle kısmen pozitif ve negatif kısımlar oluşur. Böylece onlarda birbirini çeker. Zaten çok zayıftır Van der Waals. Bir anda oluştuğu için.*



Şekil 36. Birinci öğrencinin Van der Waals bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler

.....

(A): *Peki nasıl oluşuyor Van der Waals kuvvetleri bu söylediğin moleküllerde.*

(Ö4): *Şimdi amonyak, HCl kutuplu moleküller olduğu için. Bunlarda kısmen pozitif ve kısmen negatif kısımlar vardır. Mesela hidrojen tarafı kısmen pozitifdir. Diğer tarafta da mesela oksijen kısmı*

negatiftir. Bu kısmen pozitif ve negatif kısımlar birbirini çekerler. Böylece aralarında çekim oluşur ve bir arada durur moleküller.

(A): Şekil çizerek açıklayabilir misin üzerinde?

(Ö4): Hangisini?

(A): İsteddiğini seç.

(Ö4): Mesela HCl olsun. (Şekil 37'yi çiziyor ve bir yandan da anlatıyor). HCl'de bunların ortaklaşa kullandıkları elektronları klor daha çok çektiği için kendine, klor kısmen negatif olur. Hidrojen de kısmen pozitif olur. Yanında diyelim iki tane daha HCl atomu var. Bunların da mesela hidrojen tarafları kısmen pozitif olur. Klor tarafları da kısmen negatif olur. Bunun (ortadaki HCl molekülünü kastederek) kloru ile bunun (sağdaki HCl molekülünü kastederek) hidrojeni arasında... bu tarafta da... bunun (ortadaki HCl molekülünü kastederek) hidrojeni ile bunun (soldaki HCl molekülünü kastederek) kloru arasında bir bağ oluşur. İşte bu bağa Van der Waals bağları denir.

(A): Peki biraz daha farklı bir şey soracağım ben sana. Van der Waals mi daha kuvvetlidir, yoksa hidrojen bağı mı?

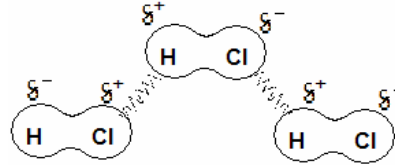
(Ö4): Van der Waals daha kuvvetlidir sanırım.

(A): Neden?

(Ö4): Çünkü... (bir süre düşündü)... Van der Waals hepsinde vardır, polar moleküllerde. Ama hidrojen bağı bazılarında var. Sadece hidrojen olan moleküllerde vardır.

(A): Ne oluyor bazılarında olunca? Daha çok molekülün arasında olan, daha mı güçlüdür?

(Ö4): Yani... bilmiyorum. Ama sanki Van der Waals'le dipol-dipol daha güçlüdürler hidrojenden. Hidrojenin nasıl oluştuğunu bilmiyorum. Ama Van der Waals güçlü bir bağdı ikisinden de. Hem dipol-dipol'den hem de hidrojenden.



Şekil 37. Dördüncü öğrencinin Van der Waals bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrenciler (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna beşinci öğrencinin (Ö5) verdiği cevaplardan, onun Van der Waals kuvvetleri ile dipol dipol kuvvetlerini karıştırdığı anlaşılmaktadır. Beşinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda kutuplu moleküllerde bağ elektronlarının atomlardan birine daha yakın olması nedeniyle kısmen pozitif ve kısmen negatif uçların bulunduğunu ve yan yana bulunan moleküllerden birinin kısmen negatif tarafı ile ötekinin kısmen pozitif tarafı arasında bir çekim olduğunu ifade etmiştir. Mülakatın bu sorusuna on altıncı öğrencinin (Ö16) verdiği cevaplara bakıldığında ise onun Van der Waals kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu bilmesine rağmen, sadece soygaz atomları arasında oluştuğunu düşündüğü ortaya çıkmıştır. On altıncı öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda soygaz atomları simetrik bir elektron dağılımına sahip olduğunu, yüksek sıcaklık veya basınçta bu simetrik elektron dağılımının bozulması nedeniyle bir anlık da olsa atomda kısmen pozitif ve kısmen negatif kısımların

oluşturduğunu, atomlardan birindeki bu değişimin diğer atomları da etkilediğini ve bu nedenle birbirlerinin zıt yüklü kısımları arasında bir çekimin meydana geldiğini ifade etmiştir. Beşinci öğrenci mülakatın bu sorusuna cevap verirken herhangi bir çizim yapmamış, “Van der Waals kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?” sorusuna cevap verirken yapmış olduğu çizim üzerinden soruya açıklama getirmiştir. On altıncı öğrenci ise Helyum (He) atomları arasında Van der Waals kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklamak için bir çizim yapmıştır. Ayrıca, beşinci öğrencinin ön ve son testlerde verdiği cevaplardan, onun Van der Waals kuvvetlerinin gücünü etkileyen faktörlerle ilgili bazı yanlışlara sahip olduğunun belirlenmesinin üzerine, mülakatın bu sorusunun devamında ona bu konuyla ilgili bazı sorular yöneltilmiştir. Beşinci öğrenci kendisine yöneltilen bu sorulara, testlerde verdiği cevaplarla uyumlu şekilde cevap vermiş ve Van der Waals kuvvetlerinin sadece molekül büyüklüğüne bağlı olduğunu ifade etmiştir. Örneklemdeki beşinci ve on altıncı öğrenciyle (Ö5 ve Ö16) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki biraz bahsettin aslında ama. Zaten çizdiğin şekil de anlatıyor ne demek istediğini. Ama şöyle bir daha anlatır mısın adım adım; nasıl oluşuyor bu moleküller arasında Van der Waals kuvveti?

(Ö5): Kutuplu moleküller arasında oluşur. Kutuplu moleküllerde, birinin kısmen negatif tarafı ile ötekının kısmen pozitif tarafı arasında bir çekim olur zıt yüklü oldukları için. İşte bu şekilde oluşan bağa Van der Waals bağları denir.

(A): Nasıl oluşuyor bu kısmen pozitif ve negatiflik?

(Ö5): Suda oksijen daha çok çekeceği için elektronları kendine kısmen negatif olur. Hidrojen ise daha az çektiği için kısmen pozitif olur. Bu nedenle molekülün bir tarafı kısmen pozitif olur diğer tarafı da kısmen pozitif olur. Kutuplu olurlar yani. İki zıt kutup birbirini çeker.

(A): Peki Van der Waals kuvvetlerinin gücü molekülden moleküle değişir mi? Şöyle söyleyeyim; mesela HCl’de var dedin ya sen Van der Waals bağı. Hangisinde daha büyüktür mesela HCl molekülleri arasındaki mi, yoksa H₂O’lar arasındaki mi? Yoksa, aynı mıdır?

(Ö5): ... (biraz düşündü)... H₂O’daki büyüktür galiba.

(A): Neden öyle söyledin?

(Ö5): Ya şimdi Van der Waals’e etki eden faktörleri öğrenmiştik biz, hatırlıyorum. Molekül ne kadar büyükse aralarındaki çekim kuvveti o kadar büyüktü. H₂O’da üç tane atom var, HCl molekülünden büyüktür herhalde. Aslında klor 17, hepsinden büyük ama.

(A): Atom numarasına da mı bağlı?

(Ö5): Ya tabii. molekülün büyük olması için, içindeki atomunda büyük olması lazım.

(A): Peki molekül büyüklüğü ve atom numarası haricinde Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğünü etkileyen başka faktörler var mı?

(Ö5): Yoktur herhalde. Bir molekül yada atom ne kadar büyükse, aralarındaki Van der Waals’te o kadar güçlü oluyordu. Başka bir şey yoktu. Büyüklük önemliydi.

.....

(A): Peki nasıl oluşuyor bu atomlar arasında Van der Waals bağı?

(Ö16): Soygaz atomları simetrik bir elektron dağılımına sahip olduğu için apolardır. (Şekil 38’i çiziyor ve bir yandan da anlatıyor) Böyle elektronlar her tarafa yayılmışlardır.

(A): Bir şey soracağım. Helyum atomu apolardır ne demek?

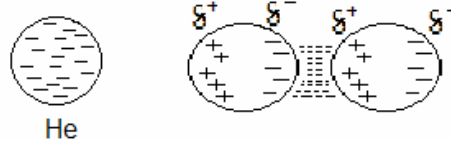
(Ö16): Apolar... kutupsuz yani. Polar kutuplu, apolar kutupsuz. Elektronlar simetrik dağılmış atomda. Biri bir tarafa öbürü bir tarafa toplanmamış. Her tarafa aynı ölçüde dağılmış demek.

(A): Peki polar bir atom söyler misin?

(Ö16): ... (bir süre düşündü)... bilemeyeceğim.

(A): Neyse geçelim biz. Sen anlatıyordun; helyum atomunda elektronlar her tarafa yayılmışlardı.

(Ö16): Evet. Ama bazen, çok sıcakta veya basınçta bu elektronların dağılımı bozulur. Mesela hepsi bir tarafa toplanırlar. Kutuplu bir yapı oluştururlar yani. Bir anlık olur bu durum, elektronlar hareketli olduğu için. Bir anda hepsi aynı tarafa olur mesela şöyle (Şekil 38'te sağdaki He atomlarını çizdi). Bunun (He atomlarından birini kastederek) bir tarafı kısmen pozitif olur. Bir tarafı da kısmen negatif olur. Bu bir atom diğer atomları da etkiler ve aralarında ara sıra oluşan bir çekim meydana gelir. Böylece birbirlerini çekerler.



Şekil 38. On altıncı öğrencinin Van der Waals bağının nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizimler

7. Soru: Dipol-Dipol kuvvetleri ya da bağları hangi tür yapılar arasında oluşur?

Mülakatın bu sorusu, mülakatın “Tüm kimyasal bağlar aynı şekilde mi oluşur? Yoksa farklı oluşma şekilleri var mıdır?” sorusuna cevap verirken moleküller arası kuvvetlerden ve onların bir türü olan dipol-dipol kuvvetlerinden bahseden öğrencilere sorulmuştur. Nitekim, mülakat yapılan öğrencilerin hepsi de moleküller arası kuvvetlerden ve onların isimlerini sayarken dipol-dipol kuvvetlerinden bahsetmişlerdir. Mülakatın bu sorusunda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *dipol-dipol kuvvetlerinin kovalent bağlı tüm polar moleküller arasında oluştuğundan* bahsetmeleridir. Öğrencilerin dipol-dipol kuvvetlerinin hangi tür yapılar arasında gerçekleştiğiyle ilgili anlamalarını araştıran bu soruya, örneklemdaki öğrencilerin bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirken, bazıları ise kavram yanlışlarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanlışlığı içeren cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna altıncı öğrencinin verdiği cevaplar, onun dipol-dipol kuvvetlerini bir kimyasal bağ olarak düşündüğünü ve onu ametaller arasında gerçekleşen atomlar arası bir bağ olarak nitelendirdiğini göstermektedir. Altıncı öğrenci mülakatın birinci sorusundaki “Kimyasal bağların hepsi aynı mıdır, yoksa türleri var mıdır?” alt sorusuna cevap verirken dipol-dipol kuvvetlerini *moleküller arası bağlar* olarak sınıflandırmasına rağmen, mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *dipol-dipol*

kuvvetlerinin farklı atomlardan oluşan moleküllerdeki atomlar arası bir bağ olduğunu ifade etmiş ve hatta *HCl* molekülündeki *H* ve *Cl* atomlarını bir arada tutan bağın dipol-dipol bağı olduğunu söylemiştir. Buna karşılık, onuncu öğrencinin bu soruya verdiği cevaplar ise onun dipol-dipol bağının moleküller arası bir kuvvet olduğunu bildiğini, ancak *polar* ve *apolar* kavramlarını karıştırdığı için dipol-dipol kuvvetlerinin oluştuğu molekülleri karıştırdığını göstermektedir. Onuncu öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *dipol-dipol kuvvetlerinin polar moleküller arasında gerçekleştiğini* doğru olarak ifade etmesine rağmen, açıklamalarının devamında *polar molekülün; aynı cins atomlardan oluşan moleküller olduğunu* ifade etmiş ve *polar* ve *apolar* molekül kavramlarını karıştırdığı için *iki klor (Cl_2) molekülünü bir arada tutan bağın dipol-dipol bağı olduğunu* söylemiştir. Altıncı öğrenci (Ö6) bu soruya cevap verirken herhangi bir çizim yapmazken, onuncu öğrenci (Ö10) dipol-dipol kuvvetlerinin Cl_2 molekülleri arasında oluştuğunu göstermek için çizim yapmıştır. Örneklemedeki altıncı ve onuncu öğrenciyle (Ö6 ve Ö10) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): ... Dipol-dipol kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?

(Ö6): Onlar da polar moleküllerdeydi galiba.

(A): Ne demek istedin? Biraz daha açıklar mısın?

(Ö6): Ya tam bilmiyorum ama. Mesela farklı cins atomlar arasında olduğu zamandı.

(A): Bir örnek verebilir misin?

(Ö6): Mesela *HCl* olabilir.

(A): Neresinde dipol-dipol kuvvetleri var *HCl*'nin?

(Ö6): Hidrojenle klor arasında

.....

(A): ... Dipol-dipol kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?

(Ö10): Dipol-dipol polar moleküller arasında meydana gelir.

(A): Örnek verir misin dipol-dipole?

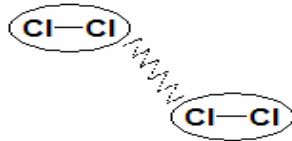
(Ö10): Örneğin klorla klor, bromla brom gibi...

(A): Neresinde dipol-dipol var bunların?

(Ö10): Moleküller arasında. Şöyle yani... (Şekil 39'i çiziyor ve bir yandan da anlatıyor)... şöyle bağlar var... Burada da aynı var... (İki klor atomu arasındaki bağları göstererek)

(A): Dipol – dipol bağı ne demek?

(Ö10): Aynı cins atomlardan oluşan moleküller arasındaki bağ demek. Yani polar moleküller arasında.



Şekil 39. Onuncu öğrencinin dipol-dipol bağının hangi yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerekleştiiği birinci ve dördüncü öğrenciler (Ö1 ve Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılığı içeren cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna birinci öğrencinin (Ö1) verdiği cevaplar onun Van der Waals bağının moleküller arası bir kuvvet olduğunu bildiğini göstermektedir. Ancak bu öğrencinin açıklamalarından *polar ve apolar kovalent bağ* kavramlarını karıştırdığı da anlaşılmaktadır. Birinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *dipol-dipol kuvvetlerinin apolar kovalent bağlı moleküller arasında olduğunu* yanlış olarak ifade etmesine rağmen, açıklamalarının devamında *apolar kovalent bağın; farklı cins atomlar arasındaki bağ türü olduğunu* ifade eden öğrenci, *polar ve apolar kovalent bağ* kavramlarını karıştırdığı için bilimsel olarak doğru bir sonuca ulaşarak *hidrojen klorür (HCl) ve hidrojen florür (HF) gibi molekülleri bir arada tutan bağın dipol-dipol bağı olduğunu* söylemiştir. Mülakatın bu sorusuna dördüncü öğrencinin (Ö4) verdiği cevaplar ise onun Van der Waals kuvvetleri ile dipol dipol kuvvetlerini karıştırdığına işaret etmektedir. Dördüncü öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *dipol-dipol kuvvetlerinin apolar moleküller arasında gerekleştiiğini ve O₂, Cl₂, I₂ gibi molekülleri bir arada tutan bağın dipol-dipol kuvvetleri olduğunu* ifade etmiştir. Birinci öğrenci (Ö1) bu soruya cevap verirken herhangi bir çizim yapmazken, dördüncü öğrenci (Ö4) dipol-dipol kuvvetlerinin O₂ molekülleri arasında olduğunu göstermek için bir çizim yapmıştır. Örneklemdaki birinci ve dördüncü öğrenciyle (Ö1 ve Ö4) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): ... *Dipol-dipol kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?*

(Ö1): *Apolar moleküller arasında meydana gelir bu kuvvetler.*

(A): *Örnek verir misin?*

(Ö1): *Mesela HCl olabilir. HF olur.*

(A): *Bu verdiğin apolar moleküller mi?*

(Ö1): *Evet.*

(A): *Apolar ne demektir? Daha önce söylemiştin galiba ama?*

(Ö1): *Apolar farklı cins atomlar arasında oluşan demek. Bunlar gibi yani.*

.....

(A): ... *Dipol-dipol kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?*

(Ö4): *Apolar moleküller arasında meydana gelir bu kuvvetler.*

(A): *Söylemiştin aslında ama yine sorayım. Apolar molekül ne demektir?*

(Ö4): *Kutuplu molekül. Yani aynı cins atomlardan oluşan demektir. Daha önce söylemiştik.*

(A): *O zaman birkaç örnek verebilir misin dipol-dipol kuvvetlerinin olduğu moleküllere?*

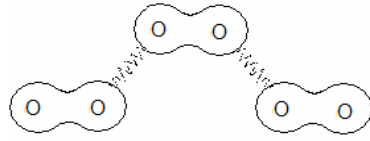
(Ö4): *O₂ olabilir. Cl₂ olabilir. I₂ olabilir.*

(A): *Neresinde bu söylediğin moleküllerin?*

(Ö4): *Arasında.*

(A): *Nasıl yani biraz açıklar mısın?*

(Ö4): *İki oksijen molekülü arasında. Şöyle gösterilir (Şekil 40'ı çizdi).*



Şekil 40. Dördüncü öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin hangi yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci öğrenci (Ö5) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar verirken, on altıncı öğrenci bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermiştir. Mülakatın bu sorusuna birinci öğrencinin (Ö1) verdiği cevaplardan, onun dipol dipol kuvvetleri ile Van der Waals kuvvetlerini karıştırdığı anlaşılmaktadır. Beşinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *dipol-dipol kuvvetlerinin kutupsuz moleküller arasında gerçekleştiğini* ve *O₂, Cl₂ gibi molekülleri dipol-dipol kuvvetlerinin bir arada tuttuğunu* ifade etmiştir. On altıncı öğrenci (Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olarak; *dipol-dipol kuvvetlerinin polar moleküller arasında oluştuğunu* ifade etmiş ve *HCl, H₂O ve NH₃ gibi molekülleri bir arada tutan kuvvetlerin dipol-dipol kuvvetleri olduğunu* söylemiştir. Beşinci öğrenci (Ö5) mülakatın bu sorusuna cevap verirken herhangi bir çizim yapmazken, on altıncı öğrenci HCl molekülleri arasındaki dipol-dipol kuvvetlerini göstermek için bir çizim yapmıştır. Örneklemedeki beşinci ve on altıncı (Ö5 ve Ö16) öğrenciyle (Ö5 ve Ö16) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): ... Dipol-dipol kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?

(Ö5): Bunlar da bağ değildir. Van der Waals gibi bunlar da moleküller arası kuvvetlerdir.

(A): Hangi tür moleküller arasında oluşurlar peki?

(Ö5): O₂ gibi, Cl₂ gibi kutupsuz moleküller arasında. Bir de soygazlar arasında.

(A): Peki. Kutuplunun ne demek olduğunu söylemişsin galiba sen. Bu sefer kutupsuz dedin. Kutupsuz molekül ne demek?

(Ö5): Kutupsuz molekül demek; aynı atomlar arasında oluşan moleküller. Oksijenle oksijen, klorla klor gibi.

(A): Soygazlar arasında nasıl oluşuyor? O da bir molekül mü?

(Ö5): Yok ama o da kutupsuz. Apolar yani. Demek istediğim; böyle bir kutuplanma yok atomun içinde, işte kısmen pozitif kısmen negatif falan.

(A): Biraz daha açıklar mısın?

(Ö5): Şimdi soygazlarda elektron dağılımı simetrik olduğu için, her tarafa dağılmışlardır. Elektronlar bir tarafa toplanmamışlardır. Bu yüzden Van der Waals'teki gibi bir kutuplanma yoktur molekülde. Yada atomda. Hani demiştik ya; suda hidrojen tarafı kısmen pozitif olur elektronları az çektiği için. Oksijen tarafı kısmen negatif olur, daha çok çektiği için diye. Burada öyle bir şey yok. İkisi de eşit çekiyor. Kutupluluk o anlamda yani.

.....

(A): ... Dipol-dipol kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?

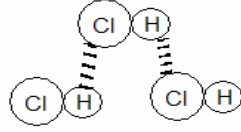
(Ö16): Polar moleküller arasındaki bağıdır. HCl, H₂O, NH₃ gibi moleküller arasında oluşur.

(A): Polar molekül ne demek?

(Ö16): Farklı cins atomlardan oluşan molekül demek. Mesela su oksijen ve hidrojen, amonyak da azot ve hidrojen gibi farklı cins atomlardan oluşmuşlardır.

(A): Peki HCl'yi diyelim örnek verirse. Neresinde oluşuyor bu. H ile Cl arasında mı?

(Ö16): Hayır. İki molekülün arasında oluşur. Şöyle... (Şekil 41'i çizdi)... Bu aradaki bağlardır dipol-dipol.



Şekil 41. On altıncı öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin hangi yapılar arasında oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

“Dipol-dipol kuvvetleri bu yapılar arasında nasıl oluşur?” alt sorusu, öğrencilerin ifade ettikleri atomlar ya da moleküller arasında dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl gerçekleştiğini düşündükleriyle ilgili zihin yapılarını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu soru, öğrencilerin dipol-dipol kuvvetlerinin oluşumu ile ilgili anlamalarını daha derinlemesine araştırma imkanı verdiği için özellikle önemlidir. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *farklı cins atomlardan oluşan polar (kutuplu) moleküllerde yük dağılımının homojen (simetrik) olmadığından, elektronegatifliği fazla olan atomların bağ elektronlarını kendine daha çok çekmesinden polar (kutuplu) moleküllerin kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlara sahip olduklarından* ve dolayısıyla *polar moleküllerin kısmen pozitif ve kısmen negatif uçları arasında bir çekimin var olduğundan* bahsetmeleridir. Mülakatın bu sorusuna öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişler. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna altıncı öğrencinin verdiği cevaplar, onun dipol-dipol kuvvetlerini bir kimyasal bağ olarak düşündüğünü ve polar moleküllerdeki ametal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleştiğini düşündüğünü göstermektedir. Altıncı öğrenci mülakatın bu sorusuna cevap verirken, *dipol-dipol bağının polar moleküllerdeki ametal atomları arasında ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini* ifade etmesinin yanı sıra, açıklamalarının devamında *dipol-dipol ve Van der Waals bağlarının her ikisinin de ametaller arasında gerçekleştiğini, bu nedenle bu iki*

bağın iyonik bağ türleri olabileceğini, ikisi de iyonik bağ türleri olan Van der Waals ve dipol-dipol arasındaki tek farkın; birinin polar moleküllerde diğerinin ise apolar moleküllerde gerçekleşmesi olduğunu söylemiştir. Onuncu öğrencinin mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar ise onun polar ve apolar kavramlarını karıştırmamasından dolayı Van der Waals kuvvetleri ile dipol-dipol kuvvetlerini de karıştırdığını göstermektedir. Polar ve apolar kavramlarını karıştıran onuncu öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda aynı cins atomlardan oluşan polar moleküllerde kısmen pozitif ve kısmen negatif uçların bulunmadığından, normalde simetrik elektron dağılımına sahip bu moleküllerde yüksek sıcaklık ve basınç gibi bazı durumlarda simetrisinin bozulması sonucu bu moleküllerde kısmen pozitif ve kısmen negatif uçların oluştuğundan ve oluşan kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlara sahip moleküllerin zıt yüklü uçlarının birbirini çekmesi sonucu da dipol-dipol bağlarının oluştuğundan bahsetmiştir. Altıncı öğrenci (Ö6) bu soruya cevap verirken herhangi bir çizim yapmazken, onuncu öğrenci “dipol-dipol kuvvetleri hangi tür yapılar arasında oluşur?” sorusuna cevap verirken yaptığı çizimi biraz düzenlemiş ve yaptığı açıklamalarda üzerinde değişiklik yaptığı bu çizimi kullanmıştır. Örneklemdeki altıncı ve onuncu öğrenciyle (Ö6 ve Ö10) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Nasıl oluyor bu bahsettiğin molekülde dipol-dipol kuvvetleri?*

(Ö6): *Hidrojenin atom numarası bir (1)'di. Klor da on yedi. İkisinin de elektron alması lazım. Elektronlarını ortaklaşa kullanırlar.*

(A): *Yine aynı yere geldik. Sen daha önce elektronların ortaklaşa kullanılmasıyla oluşan bağa iyonik bağ demiştin. Hatta bir önceki soruda da Van der Waals dedin. Nasıl oluyor bu? Üçü de elektron ortaklaşmasıyla mı gerçekleşiyor?*

(Ö6): *Ya tam bilmiyorum. Geçelim bu soruyu.*

(A): *Neyse. Şunu mu diyorsun yani; dipol-dipol elektron ortaklaşmasıyla gerçekleşir?*

(Ö6): *Evet.*

(A): *Aradaki fark ne peki? Mesela Van der Waals'ten farkı ne?*

(Ö6): *... (bir müddet düşündü)... Bu (dipol-dipol kuvvetini kastederek) polar moleküller arasında, Van der Waals apolar moleküller arasında. Aradaki fark bu.*

(A): *Yani fark sadece arasında oluştuğu atomlardan kaynaklanıyor diyorsun. Aslında ikisi de elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşiyor. Hatta senin dediğine göre iyonik bağ da öyle. Üçü de elektron ortaklaşması şeklinde oluyor diyorsun. Doğru mu anladım?*

(Ö6): *Evet.*

(A): *Peki bu senin dediklerini dikkate alırsak, acaba Van der Waals ile dipol-dipol iyonik bağın bir türü müdür?*

(Ö6): *Olabilir.*

(A): *Olabilir derken ben söyledim diye mi öyle söylüyorsun, yoksa senin düşündüğün şey bu mu?*

(Ö6): *Ya olabilir aslında. Doğru bence. İkisi de iyonik bağ gibi gerçekleşiyor. Polar olduğunda dipol-dipol, apolar olduğunda Van der Waals'ti galiba. Öyle olabilir diye düşünüyorum.*

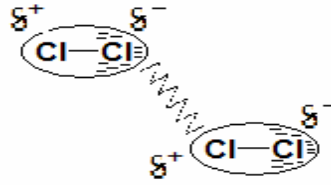
.....

(A): *Peki, nasıl oluşuyor dipol-dipol kuvvetleri bu bahsettiğin moleküller arasında?*

(Ö10): Mesela bu klor molekülü polar olduğu için normalde, Van der Waals gibi kısmen pozitif ve negatif uçları yok molekülün. Ama bazı şartlarda bu durum bozuluyordu ve kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlar oluşuyordu (Şekil 42). İşte; yüksek sıcaklık, basınç gibi şartlar demiştik buna. Böyle olunca da aralarında bir çekim oluşuyordu ve bunun (Şekil 42’de soldaki Cl₂ molekülünü kastedererek) kısmen pozitif ucu ile bunun (Şekil 42’de sağdaki Cl₂ molekülünü kastedererek) kısmen negatif ucu birbirini çekiyorlardı. Böylece bağ yağmış oluyordular. Bu bağa dipol-dipol diyorduk.

(A): Peki molekülde nasıl oluyor bu kısmen pozitiflik ve kısmen negatif uçlar?

(Ö10): Yüksek sıcaklık ve basınçta elektronların hareketi bozuluyordu yanlış hatırlamıyorsam. Mesela elektronlar her tarafta değil de, hepsi de bir uca toplanıyordu. Bu nedenle mesela elektronların yoğun olarak toplandığı yer kısmen negatif oluyordu. Diğer taraf da kısmen pozitif. Bunun (soldaki Cl₂ molekülünü kastedererek) kısmen negatif tarafı, diğerinin (sağdaki Cl₂ molekülünü kastedererek) kısmen pozitif tarafını çekerek bağ yapıyorlardı ve böylece bir arada durmuş oluyordu ikisi.



Şekil 42. Onuncu öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrenci (Ö1) mülakattaki bu soruya bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar verirken, dördüncü öğrenci (Ö4) bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar vermiştir. Mülakatın “*dipol-dipol kuvvetleri hani tür yapılar arasında oluşur?*” sorusuna *dipol-dipol kuvvetlerinin apolar kovalent bağlı moleküller arasında oluştuğu* şeklinde yanılgılı bir cevap veren birinci öğrencinin açıklamalarından, onun aslında *polar* ve *apolar kovalent bağ* kavramlarını karıştırdığı anlaşılmıştır. Dolayısıyla bu öğrenci “*dipol-dipol kuvvetleri bu tür yapılar arasında nasıl oluşur?*” alt sorusuna bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar vermiştir. Birinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *dipol-dipol kuvvetlerinin olduğu moleküllerde elektronların molekülün her tarafına simetrik dağılmadığından, bağ elektronlarının elektronegatif olan atoma daha yakın olduğundan, molekülde daha elektronegatif olan atomun olduğu tarafın negatif, daha az elektronegatif olan atomun olduğu tarafın ise pozitif yüklü olduğundan* ve bu nedenle *yan yana bulunan moleküllerin pozitif ve negatif uçları arasında dipol-dipol çekimlerinin oluştuğundan* bahsetmiştir. Mülakatın bu sorusuna dördüncü öğrencinin (Ö4) verdiği cevaplar ise onun Van der Waals kuvvetleri ile dipol dipol kuvvetlerini karıştırdığına işaret etmektedir. Dördüncü öğrencinin mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalardan ise onun *dipol-dipol kuvvetleri ile Van der Waals kuvvetlerini* karıştırdığı anlaşılmaktadır. Ancak bu iki moleküller arası kuvveti karıştırdığı düşünülen dördüncü öğrencinin dipol-dipol

kuvvetlerinin aynı zamanda soygazlar arasında da gerçekleştiğini ifade etmemesi dikkat çekmiştir. Dördüncü öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *kutupsuz moleküllerde bağ elektronlarının her iki atom tarafından da eşit çekilmesinden dolayı elektronların molekülde simetrik dağıldığından, bazı durumlarda yan yana bulunan moleküllerden birindeki simetrisinin bozulması sonucu normalde kutupsuz olan bu molekülde kısmen pozitif ve kısmen negatif uçların oluştuğundan, kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlara sahip bu molekülün komşu atomlardaki elektron dağılımlarını da etkilemesi sonucu komşu atomlarda da kısmen pozitif ve kısmen negatif uçların oluştuğundan ve kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlara sahip bu moleküllerin zıt kutuplarının birbirini çektiğinden* bahsetmiştir. Birinci öğrenci (Ö1) bu soruya HCl molekülleri arasında dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu gösteren bir çizim yaparken, dördüncü öğrenci (Ö4) O₂ molekülleri arasında dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu gösteren bir çizim yapmıştır. Örneklemedeki birinci ve dördüncü öğrenciyle (Ö1 ve Ö4) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki nasıl oluşuyor bu bahsettiğin moleküller arasında dipol-dipol kuvvetleri?

(Ö1): Bu tür moleküllerde elektronlar molekülün her tarafına simetrik dağılmamıştır. Bu yüzden molekülde elektronlar bir atoma daha yakındır mesela. Mesela HCl'yi örnek verirsek... (Şekil 43'ü çizdi)... Burada elektronlar oksijene daha yakındır mesela. Şöyle... (Şekil 43'te HCl moleküllerinde klorlara yakın kısımlara elektron işaretleri koydu)... Oksijen daha elektronegatif olduğu için elektronları kendine çeker. Hidrojen kısmında da elektronlar azaldığından, bu kısım da pozitif yüklü olur (Şekil 43'te HCl moleküllerinde hidrojenlere yakın kısımlara artı işaretleri koydu)...

(A): Elektronegatif ne demek bu arada?

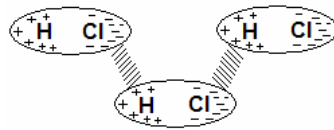
(Ö1): Elektron alma isteği. Kendine çekme isteği. Oksijenin fazladır hidrojenen.

(A): Peki devam edebilirsin kaldığın yerden. Oksijen tarafında elektronlar var demiştin. Sonra?

(Ö1): Sonra işte... bunun (soldaki HCl molekülünü kastederek) eksi tarafı ile diğerinin (sağdaki HCl molekülünü kastederek) artı yüklü tarafını çeker ve bunlar bir arada dururlar. Dipol-dipol bağı oluşur aralarında.

(A): Bu yaptığın çizim daha önce Van der Waals'i açıklarken yaptığın çizime çok benziyor. Van der Waals'le dipol-dipol aynı mı?

(Ö1): Hayır. Van der Waals polar moleküller arasındadır. Dipol-dipol ise apolar. İkisi de artıyla eksinin çekimi ama bu (dipol-dipol kuvvetlerini kastederek) daha güçlü. Çünkü bu (dipol-dipol kuvvetlerini kastederek)her zaman oluşur. Apolar moleküllerde bu kutuplaşma her zaman var. Ama polar moleküllerde ara sıra oluşuyor. Anlık baz durumlardan dolayı.



Şekil 43. Birinci öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

(A): Peki nasıl oluşuyor bu bahsettiğin moleküller arasında dipol-dipol kuvvetleri?

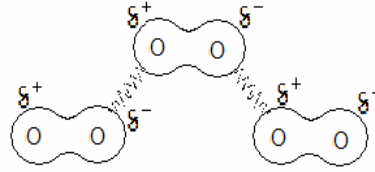
(Ö4): Bunlar kutupsuz moleküller olduğu için, elektronlar her iki atom tarafından da eşit çekilir. Bu yüzden tüm elektronlar molekülde simetrik dağılmışlardır. Ama bazen bu simetri bozulabiliyordu ve molekülde bir kısmen negatif ve bir kısmen pozitif taraf oluşuyordu.

(A): Niye bozuluyor bu elektron dağılımı, bunun bir sebebi var mı?

(Ö4): Bilmiyorum ama. Şu olabilir; elektronlar gelişigüzel hareket ettiği için, bazen hepsi aynı tarafta toplanmış olabilir. Denk gelmiş olabilir yani hepsi aynı tarafta. İşte o diyelim hepsinin aynı tarafta olduğu zamanda bir kısmen negatif ve kısmen pozitif kısım oluşabilir.

(A): Peki sonra ne oluyor?

(Ö4): İşte diyelim oksijenin bu tarafı kısmen pozitif olur (Şekil 44). Diğer tarafı da kısmen negatif (ortadaki O_2 molekülünün sağ tarafın kısmen negatif sol tarafına kısmen pozitif işareti yaptı). Diğerlerini de etkiler bu, mıknatıs gibi. Bunun da (sağdaki O_2 molekülünü kastederek) bu (sol) tarafı kısmen pozitif olur. Bu (sağ) tarafı da kısmen negatif. Diğeri de aynısı (sağdaki O_2 molekülünü kastederek). Böylece işte bunlar birbirlerini çekerler ve aralarında dipol-dipol bağı oluşur.



Şekil 44. Dördüncü öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci öğrenci (Ö5) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılığısı içeren cevaplar verirken, on altıncı öğrenci (Ö16) bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermiştir. Mülakatın bu sorusuna birinci öğrencinin (Ö1) verdiği cevaplardan, onun dipol dipol kuvvetleri ile Van der Waals kuvvetlerini karıştırdığı anlaşılmaktadır. Beşinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *kutupsuz moleküllerde elektronların simetrik dağıldığından, yüksek basınç ve sıcaklık gibi bazı durumlarda bu simetrik elektron dağılımının bozulduğundan ve molekülde anlık bir kutuplanmanın oluştuğundan, kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlara sahip bu molekülün komşu atomlardaki elektron dağılımlarını da etkilemesi sonucu komşu atomlarda da kısmen pozitif ve kısmen negatif uçların oluştuğundan ve kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlara sahip bu moleküllerin zıt yüklü kutuplarının birbirini çektiğinden* bahsetmiştir. On altıncı öğrenci (Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olarak; *polar moleküllerde bağ elektronlarının elektronegatif olan atoma daha yakın olduğundan, molekülde daha elektronegatif olan atomun olduğu tarafın kısmen negatif, daha az elektronegatif olan atomun olduğu tarafın ise kısmen pozitif yüklü olduğundan ve bu nedenle yan yana bulunan moleküllerin kısmen pozitif ve kısmen negatif yüklü uçları arasında dipol-dipol çekimlerinin oluştuğundan* bahsetmiştir. Beşinci öğrenci (Ö5) mülakatın bu sorusuna cevap verirken *klor (Cl_2) molekülleri arasında dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu gösteren bir çizim*

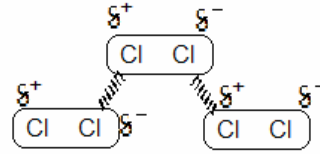
yaparken, on altıncı öğrenci ise *hidrojen klorür (HCl) molekülleri* arasındaki dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu gösteren bir çizim yapmıştır. Örneklemdaki beşinci ve on altıncı (Ö5 ve Ö16) öğrenciyle (Ö5 ve Ö16) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki nasıl oluşuyor bu bahsettiğin moleküller arasında ve soygazlar arasında dipol-dipol kuvvetleri?

(Ö5): Bunlar normalde kutupsuz moleküllerdir. Soygazlar da kutupsuzdur. Elektronlar simetrik dağılmışlardır. Ancak bazı durumlarda bu simetri bozulur ve aynı Van der Waals teki gibi bir kutuplanma oluşur. İşte o zaman da birbirlerini çekerler.

(A): Bir örnek vererek açıklayabilir misin?

(Ö5): Klor mesela. Klorda... (Şekil 45'i çiziyor ve bir yandan da açıklıyor)... normalde elektronlar simetrik dağılmıştır bu atomların (klor atomlarını kastederek) etrafında. Ama yüksek basınç ve sıcaklık gibi bazı durumlarda bu simetrik elektron dağılımı bozulur ve molekülde kutuplanma oluşur. Mesela klor molekülünün bu tarafı (sağ tarafı kastederek) kısmen negatif olursa... diğer tarafı da kısmen pozitif olur. Böyle olunca bu molekül diğerlerini de etkiler. Bunlarda kısmen pozitif ve negatif olurlar. Yandaki molekülde bunun negatif tarafına yakın olan taraf kısmen pozitif diğer taraf da kısmen negatif olur (soldaki klor molekülünü kastederek). Diğeri de aynı şekilde. İşte bunların kısmen negatif ve kısmen pozitif kısımları arasında bir çekim oluşur ve böylece hepsi de birbirine dipol-dipol kuvvetleriyle bağlanırlar. Bağ değil de tabi ki. Çekerler anlamında.



Şekil 45. Beşinci öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

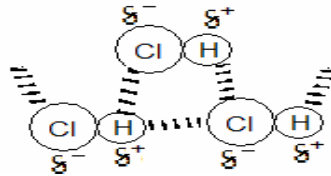
.....

(A): Peki nasıl oluşuyor bu bahsettiğin moleküller arasında dipol-dipol kuvvetleri?

(Ö16): HCl polar bir molekül olduğu için klor elektronları daha çok kendine çeker. Bundan dolayı da bu moleküllerde kısmen pozitif ve kısmen negatif yüklü kısımlar vardır. Klor daha çok çektiği için, klor tarafı kısmen negatiftir. Hidrojen daha az çektiği için, hidrojen tarafı kısmen pozitifdir. İşte bir sürü HCl düşünürsek, yanındakilerde aynı şekilde. Bu yüzden bunlardan birinin kısmen pozitif tarafı ile diğerinin kısmen negatif uçları arasında bir çekim olur. İşte böyle gerçekleşen bağa dipol-dipol kuvvetleri denir. Bunlar Van der Waals'ten daha güçlüdürler, çünkü o (Van der Waals'i kastederek) bir anlık oluşur. Soygazlar bağ yapmadığı için, bazen oluşur. Ama dipol-dipol kutuplu moleküllerde her zaman vardır.

(A): Peki bu söylediklerine göre çizdiğin şekli düzenlesen nasıl düzenlersin?

(Ö16): (Şekil 46).



Şekil 46. On altıncı öğrencinin dipol-dipol kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu açıklarken yaptığı çizim

8. Soru. Suyun formülünü yazar mısın?

Bu mülakat sorusu, öğrencilerin suyun meydana geldiği atomları bilip bilmediklerini ve molekül formülünü doğru yazıp yazmadıklarını araştırmaktadır. Aslında bu soru; daha sonra öğrencilere suyla ilgili olarak yöneltilecek alt mülakat soruları için bir başlangıç noktası görevi yapmakta ve bu sorular için temel oluşturmaktadır. Mülakatın bu sorusuna kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği tüm öğrenciler doğru cevap vermiş ve suyun formülünün H_2O olduğunu kendilerine verilen kağıtlara doğru olarak yazabilmiştir.

“*Su molekülü içerisinde hangi bağ vardır?*” alt sorusu, öğrencilerin suyun yapısını ve suyu oluşturan atomların özelliklerini ne düzeyde bildiklerini ve bunlardan yola çıkarak onu hangi bağ türü ile ilişkilendirdiklerini ortaya çıkarmak için sorulmuştur. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *su molekülü içerisindeki atomlar arasında apolar kovalent bağ olduğunu* ya da sadece *kovalent bağ olduğunu* ifade etmeleridir. Mülakatın bu sorusuna öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirken, bazıları yanlış veya kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişler. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin de su moleküllerindeki hidrojen ve oksijen atomları arasında hidrojen bağının olduğunu düşünmekte olduklarını göstermektedir. Ayrıca mülakatın kovalent bağ ve iyonik bağla ilgili sorularına verdikleri cevaplardan bu bağ türlerini birbirine karıştırdıkları belirlenen her iki öğrencinin, su molekülünde atomları bir arada tutan bağların iyonik bağ olduğunu düşündükleri de tespit edilmiştir. Örneklemedeki altıncı ve onuncu (Ö6 ve Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Su molekülü içerisinde hangi bağ vardır?*

(Ö6): *Hidrojen bağı.*

(A): *Başka bağ var mı? Sen sanki daha önce başka bir şey daha söyledin?*

(Ö6): *Bilmiyorum. Suda hidrojen bağı vardır, hidrojen ile oksijen arasında.*

(A): *İyonik bağa da örnek vermiştin sen onu daha önce.*

(Ö6): *O da olabilir. İkisi de ametal olduğu için iyonik bağ da vardır.*

.....

(A): *Su molekülü içerisinde hangi bağ vardır?*

(Ö10): *Hidrojen.*

(A): *Peki başka bağ var mı bu atomlar arasında?*

(Ö10): *Yok.*

(A): *Hidrojen ve oksijen metal mi ametal mi?*

(Ö10): *Ametaldir ikisi de.*

(A): *Sen ametaller arasındaki bağ iyonik bağ demiştin daha önce.*

(Ö10): *Evet. Ama tam bilmiyorum, suda hidrojen bağı olması lazım. Öyleydi çünkü.*

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrenci (Ö1) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar verirken, dördüncü öğrenci (Ö4) bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermiştir. Birinci öğrencinin mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun *polar* ve *apolar* kavramlarını birbirine karıştırdığını göstermektedir. Bu soruya her iki öğrenci (Ö1 ve Ö4) de; *su molekülünde hidrojen ve oksijen atomu arasındaki bağı kovalent bağ olduğu* cevabını vermelerine rağmen, birinci öğrenci *hidrojen ve oksijen atomu arasındaki bağı apolar kovalent bağ olduğunu* ifade etmiştir. Örneklemdaki birinci (Ö1) ve dördüncü (Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Su molekülünde hangi bağ vardır?*

(Ö1): *İçinde mi, yoksa su moleküllerinin arasında mı?*

(A): *Atomlar arasında, içinde yani.*

(Ö1): *Kovalent bağ vardır. Apolar kovalent bağ.*

.....

(A): *Su molekülü içerisinde hangi bağ vardır?*

(Ö4): *Suda, atomlar arasında kovalent bağ vardır. Moleküller arasında ise...*

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö6) öğrenciler de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Bu soruya her iki öğrenci de *kovalent bağı ametal atomları arasında gerçekleştiği* cevabını vermişlerdir. Örneklemdaki beşinci ve on altıncı öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Su molekülü içerisinde hangi bağ vardır?*

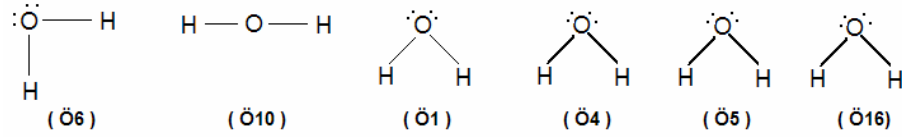
(Ö5): *Hidrojenle oksijen arasında polar kovalent bağ vardır. Su moleküllerinin arasında ise...*

.....

(A): *Su molekülü içerisinde hangi bağ vardır?*

(Ö16): *Polar kovalent bağ vardır. Farklı atomlar arasında gerçekleştiği için. İkisi de ametaldir. Bu yüzden kovalent bağ vardır.*

“Suyun molekül şeklini çizer misin?” alt sorusu, öğrencilerin suyun yapısını ve molekül şeklini ne düzeyde bildiklerini araştırmak için sorulmuştur. Bu soruda öğrencilerden beklenen; yaptığı çizimlerde *suyun molekül şeklini açısalsal* olarak çizmeleridir. Mülakatın bu sorusuna cevap verirken öğrencilerden çoğu bilimsel bilgilerle tutarlı çizimler yaparken, yalnızca onuncu öğrenci (Ö10) kavram yanılgısı içeren bir çizim yapmış ve suyun molekül şeklini doğrusal olarak çizmiştir. Bu soruya cevap olarak Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16’nın yaptığı çizimler Şekil 47’de verilmiştir.



Şekil 47. Mülakat yapılan öğrencilerin suyun molekül şekli için yaptıkları çizimler

“Neden molekülü bu şekilde çizdin?” alt sorusu, öğrencilerin su için verdikleri molekül şeklini çizerken dikkate aldıkları hususları ve bir molekülün şeklinin belirlenmesinde nelere dikkat edilmesi gerektiğiyle ilgili bilgilerini ortaya çıkarmak için sorulmuştur. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *bağ yapmayan elektronların molekül şeklini etkilediğini ve su molekülünün açısalsal olmasının sebebinin; oksijen atomu üzerindeki bağ yapmayan elektronlar olduğunu* ifade etmeleridir. Mülakatın bu sorusuna öğrencilerin çoğu bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirken, yalnızca bir öğrenci kavram yanılgısı içeren cevaplar vermiştir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı öğrenci (Ö6) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar verirken, onuncu öğrenci (Ö10) bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar vermiştir. Birinci öğrencinin verdiği cevaplar onun molekül şeklini belirlerken merkez atomunun yaptığı bağ sayısının yanı sıra, bağ yapmayan elektronları da dikkate aldığını göstermiştir. Ancak onuncu öğrencinin verdiği cevaplar onun bir molekülün şeklini belirlerken sadece merkez atomuna bağlı atomların sayısını dikkate aldığını göstermiştir. Altıncı öğrenci açıklamalarında *suyun molekül şeklinin açısalsal olduğunu* ifade ederken, onuncu öğrenci *suyun molekül şeklinin doğrusal olduğunu* söylemiştir. Ayrıca, onuncu öğrencinin (Ö10)

ön ve son testlerde molekül şekilleri ve molekül şekillerini etkileyen faktörlerle ilgili bazı yanlış anlamalara sahip olduğunun belirlenmesinin üzerine, mülakatın bu sorusunun devamında ona molekül şeklini etkileyen faktörlerin neler olduğu sorulmuştur. Onuncu öğrenci bu soruya *sadece bağ yapan atom sayısının önemli olduğunu ve örneğin suda üç atom olduğu için onun doğrusal molekül şekline sahip olduğunu* ifade etmiştir.Örneklemedeki altıncı ve onuncu (Ö6 ve Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Neden molekülü bu şekilde çizdin?*

(Ö6): *Oksijen üzerinde bağ yapmayan elektronlar bu bağ yapan elektronları itiyorlardı. İkisi de eksi yüklü olduğu için. Tam 180 derece olmaz bu.*

(A): *Kaç derece peki? Sen 90 derece gibi çizmişsin, öyle mi?*

(Ö6): *90'da değil de. 100'lü bir şeydi. Tam hatırlamıyorum ama.*

(A): *Ne deniyor bu şekle biliyor musun?*

(Ö6): *Evet. Açısaldır su molekülü.*

(A): *Peki, genel olarak düşünürsek. Bir molekülün şeklini neler etkiler? Yani; molekülün şeklini belirlemek için nelere bakmalıyız?*

(Ö6): *Kaç tane atom olduğuna bakarız. Birde atomlar üzerinde bağ yapmayan elektronlara dikkat etmemiz lazım.*

(A): *Nasıl mesela? Diyelim AX₃ diye bir molekül var. Bunun molekül şekli nedir?*

(Ö6): *Bunda üç tane X bağlandığı için A'ya düzlem üçgen olabilir. Ama işte A'nın üzerinde bağ yapmayan elektron var mı acaba?O da önemli çünkü.*

.....

(A): *Neden molekülü bu şekilde çizdin?*

(Ö10): *İki tane hidrojen olduğu için bunlar oksijene en uzak şekilde olurlar.*

(A): *Su molekülü doğrusal şekle mi sahiptir diyorsun?*

(Ö10): *Evet. Birbirinden en uzak olacak şekilde yerleşmeleri gerekir. Bu yüzden böyle olur.*

(A): *Peki diyelim üç tane hidrojen olsaydı?*

(Ö10): *O zaman da yine en uzak olacak şekilde yerleşirlerdi. O zaman 120 derece olurdu aralarındaki açısı.*

(A): *Şimdi kaç?*

(Ö10): *180 derece.*

(A): *Peki sana daha genel bir soru sorayım. Bir molekülün şeklini belirlerken neye bakarız?*

(Ö10): *Atom sayısına.*

(A): *Ne demek istiyorsun, biraz daha açıklar mısın?*

(Ö10): *Ya suda mesela. 3 tane atom olduğuna göre doğrusaldır. 4 tane olsa üçgen şeklinde olurdu.*

(A): *Peki atom sayısı diyorsun. Başka?*

(Ö10): *Başka bir şey yok ki. Atom sayısı önemlidir.*

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci ve dördüncü öğrencilerin ikisi de mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrencinin de bu soruya verdikleri açıklamalar onların bir molekülün şeklini belirlerken merkez atomunun yaptığı bağ sayısının yanı sıra, bağ yapmayan elektronları da dikkate aldıklarını göstermiştir. Her iki öğrenci de açıklamalarında; *oksijen atomu üzerindeki bağ yapmayan elektron çiftlerinin bağ yapan elektron çiftlerini ittiğinden ve bu nedenle suyun*

açısal molekül şekline sahip olduğundan bahsetmiştir. Örneklemdaki birinci ve dördüncü (Ö1 ve Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Neden molekülü bu şekilde çizdin?

(Ö1): Su açısaldı çünkü. Öyle görmüştük. Doğrusal değildi.

(A): Peki niye?

(Ö1): Çünkü oksijen üzerinde elektron çiftleri vardı iki tane. Bu elektronlar (bağ yapmayan elektronları kastederek) bunları (bağ elektronlarını kastederek) itiyordu ve molekül açısaldı oluyor o yüzden.

(A): Peki bir molekülün şeklini belirlemek için nesine bakarız?

(Ö1): Kaç tane atomdan oluştuğuna bakarız. Ortadaki atom üzerinde bağ yapmayan elektron var mı, ona bakarız birde.

.....

(A): Neden molekülü bu şekilde çizdin?

(Ö4): Su açısaldı çünkü. Doğrusal değildi. Sınıfta çok üzerinde durmuştuk.

(A): Peki neden? Bak aslında iki atom bağlı oksijene. Niye bunlar en uzakta olacak şekilde yerleşmemişler?

(Ö4): Ama oksijen üzerinde bağ yapmayan elektronlar var. O yüzden.

(A): Ne yapıyor o bağ yapmayan elektronlar?

(Ö4): Bağ yapmayan elektronlar bu bağ yapan elektronları ittikleri için tam doğrusal olmuyor. Biraz eğik oluyor su.

(A): Kaç derecedir bu. 180 dereceden biraz az o zaman?

(Ö4): Yok. 107 miydi? 109'da olabilir. Bilmiyorum ama, bu civarda.

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrencilerin ikisi de mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrencinin de bu soruya verdikleri açıklamalar onların bir molekülün şeklini belirlerken merkez atomunun yaptığı bağ sayısının yanı sıra, bağ yapmayan elektronları da dikkate aldıklarını göstermiştir. Her iki öğrenci de açıklamalarında; *oksijen atomu üzerindeki bağ yapmayan elektron çiftlerinin bağ yapan elektron çiftlerini ittiğinden ve bu nedenle suyun açısaldı molekül şekline sahip olduğundan bahsetmiştir. Ayrıca beşinci öğrenci bir molekülün şeklinin belirlenebilmesi için atom numaralarının bilinmesi gerektiğini ve merkez atomunun bağ yapan ve yapmayan elektron sayılarını hesaplayarak molekülün şekline karar verilebileceğini ifade ederken, on altıncı öğrenci bir molekülün şeklinin belirlenebilmesi için merkez atomunun değerlik elektron sayısının belirlenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Örneklemdaki beşinci ve on altıncı (Ö5 ve Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.*

(A): Neden molekülü bu şekilde çizdin?

(Ö5): Çünkü su açısaldı. Oksijen üzerindeki bu elektronlar (bağ yapmayan elektronları kastederek) bunları (bağ elektronlarını kastederek) itiyordu. Bu nedenle su açısaldı oluyor.

(A): Peki kaç derece bu açı?

(Ö5): 104,5.

(A): Peki bir molekülün hangi şekle sahip olduğunu belirlemek için nelere bakmalıyız?

(Ö5): Bir kere atom numaralarını bilmemiz lazım. Ona göre bağ yapan elektron sayılarını ve bağ yapmayan elektron sayılarını bulabilelim. Ona göre de hangi şekle sahip olduğu bulunur.

.....

(A): Neden molekülü bu şekilde çizdin?

(Ö16): Su açısaldı çünkü, öğrenmiştik.

(A): Neden açısaldı?

(Ö16): Oksijen atomu üzerindeki bağ yapmayan elektronlar bu elektronları (bağ elektronlarını kastederek)ütüyorlardı. Bu yüzden doğrusal değil, açısıl oluyordu su.

(A): Kaç derecedir bu aradaki açı?

(Ö16): Onu tam bilmiyorum. 104'dü galiba. 107'de olabilir. Bilmiyorum tam olarak.

(A): Peki bir molekülün şeklini belirlemek için neleri bilmemiz lazım?

(Ö16): Değerlik elektron sayısını bilmek lazım galiba.

(A): Ne oluyor değerlik elektron sayısını bilince?

(Ö16): Şimdi mesela oksijenin altıdır değerlik elektron sayısı. Bunu yazarken sırayla oksijenin etrafına elektronları dizeriz (bu esnada kağıdına oksijenin Lewis Gösterimini yaptı). İşte demek ki iki tane bağ yapmayan elektronu var. İki tanede bağ yapan elektronu var. Demek ki iki bağ yapar. Ama bağ yapmayan elektronları olduğu için iki tane, doğrusal olmaz açısıl olur.

“Sizce çizdiğiniz bu molekülün üç boyutlu yapısı sıcaklık, basınç veya hal değişimi sırasında değişir mi? Cevabınızı açıklayınız” alt sorusu, öğrencilerin molekül şekli ve bağ uzunluğuna sıcaklığın, basıncın ve hal değişiminin etkisinin ne olduğunu düşündükleri ile ilgili anlamalarını araştırmak için sorulmuştur. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında sıcaklık, basınç ve hal değişimi gibi fiziksel değişimlerin molekülün iç yapısını değiştirmedini ve bu tür fiziksel değişimlerin moleküllerin şeklini veya moleküllerdeki bağların uzunluğunu etkilemeyeceğini ifade etmeleridir. Mülakatın bu sorusuna öğrencilerin bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları ise kavram yanılgılarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrencinin de mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar onların sıcaklık, basınç, hal değişimi gibi fiziksel faktörlerle moleküllerin üç boyutlu yapılarının değişebileceğine inandıklarını göstermektedir. Her iki öğrenci de açıklamalarında yüksek sıcaklıkta bağ açısının ve bağ uzunluğunun artacağını, düşük sıcaklıkta ise bağ açısının ve bağ uzunluğunun azalacağını ifade etmiştir. Bu öğrenciler benzer şekilde yüksek basınçta bağ açısının ve bağ uzunluğunun azalacağını, düşük basınçta ise bağ açısının ve bağ uzunluğunun artacağını ifade etmişlerdir. Ayrıca her iki

öğrenci de hal değişimi sırasında molekülün içindeki bağ açılarının değişeceğini; gazlarda bağ açısının ve bağ uzunluğunun en büyük, katılarda ise bağ açısının ve bağ uzunluğunun en küçük olduğunu ifade etmiştir. Bu öğrenciler kendilerine yöneltilen “*Kabın şekli içindeki bir molekülün üç boyutlu yapısını etkiler mi?*” şeklindeki bir soruya ise *evet* cevabını vermişlerdir. Örneklemdaki altıncı ve onuncu (Ö6 ve Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Peki bu çizdiğin su molekülünün üç boyutlu yapısı sıcaklıkla, basınçla ve hal değişimi sırasında değişir mi? Değişir ise nasıl değişir?*

(Ö6): *Sıcaklıkla... bilmiyorum ama uzaklaşır herhalde birbirinden.*

(A): *Ne uzaklaşır?*

(Ö6): *Atomlar.*

(A): *Ne olur uzaklaşınca?*

(Ö6): *Bilmiyorum.*

(A): *Yani şöyle parça parça sorayım sana. Mesela sıcaklıkla bağ açısı değişir mi?*

(Ö6): *Değişir herhalde atomlar birbirinden uzaklaştığı için.*

(A): *Ne olur peki? Daralır mı genişler mi?*

(Ö6): *Sıcaklık artırılırsa bu açı artar, atomlar uzaklaşır birbirinden. Sıcaklık düşerse de azalır herhalde, atomlar birbirine yaklaşacağı için.*

(A): *Peki bağların uzunluğu değişir mi?*

(Ö6): *O da değişir tabii, aynı şekilde. Yüksek sıcaklıklarda bağlar uzar, düşük sıcaklıklarda da kısalır.*

(A): *Peki basınç nasıl etkiler molekülün üç boyutlu yapısını?*

(Ö6): *Onu bilmiyorum.*

(A): *Etkiler mi peki?*

(Ö6): *Etkiler herhalde.*

(A): *Nasıl etkiler? Yine bağ açısı ve bağ uzunluğu açısından bakarsak eğer.*

(Ö6): *Basınç yüksekse sıkışacağı için atomlar, bağ açısı azalır herhalde. Bağın uzunluğu da kısalır.*

(A): *Peki hal değişimi sırasında nasıl olur, onu da iki şeyi dikkate alarak nasıl söylersin?*

(Ö6): *Bağ açısı artar. Gazlarda tanecikler en uzak olacak şekilde durdukları için, bağ uzunluğu artacaktır. Bağ açısının da genişlemesi lazım, daha uzakta oldukları için. Yayılırlar çünkü.*

(A): *Peki bir şey daha soracağım sana. Kabın şekli etkiler mi mesela su molekülünü? Bağ açısını veya bağ uzunluğunu etkiler mi?*

(Ö6): *Etkiler.*

(A): *Nasıl oluyor, anlatır mısın?*

(Ö6): *Mesela... Diyelim kabın kenarında ise molekül, daha dar olabilir bu açı mesela. Sıkışmış olabilir. Ama eğer ortada bir yerde ise normaldir. Bu şekildedir yani.*

.....

(A): *Peki bu çizdiğin su molekülünün üç boyutlu yapısı sıcaklıkla, basınçla ve hal değişimi sırasında değişir mi? Değişir ise nasıl değişir?*

(Ö10): *Şekli ayndır yine. Yine açısaldır.*

(A): *Peki bağ açısı ve bağ uzunluğu değişir mi mesela sıcaklıkla?*

(Ö10): *Biraz değişebilir.*

(A): *Nasıl değişir? Mesela yüksek sıcaklıkta ne olur, düşük sıcaklıkta ne olur?*

(Ö10): *Yüksek sıcaklıkta atomlar gaz haline geçeceği için birbirinden uzaklaşırlar. Bu nedenle biraz artması lazım bağ uzunluğunun.*

(A): *Peki bağ açısı?*

(Ö10): *Uzaklaştıkları için o da değişir tabii ki. Ama çok değişmez, biraz değişiklik olur.*

(A): *Nasıl değişir? Artar mı, azalır mı?*

(Ö10): *Genişler biraz, açılır yani.*

(A): *Peki basınca gelelim. O değiştirir mi bağ açısını ve bağ uzunluğunu? Değiştirirse nasıl değiştirir?*

(Ö10): *Basınç artarsa... atomlar birbirine yaklaşacağından bağ uzunluğu azalır. Bağ açısı da azalır galiba. Daha yakın oldukları için birbirine ikisi de azalır.*

(A): *Hal değişimi sırasında bir değişim olur mu? Olursa nasıl olur?*

(Ö10): *Aynı. Değişir ama az değişir.*

(A): *Ne zaman değişir mesela? Biraz anlatır mısın? Gaz haldeyken nasıl olur, katı haldeyken nasıl olur?*

(Ö10): *Gaz halde en uzak olur. Katı halde en yakın.*

(A): *Bağ uzunluğunu ve bağ açısını soruyorum ben. Onlar nasıl değişir?*

(Ö10): *Gaz haldeyken bağ uzunluğu artar, katı haldeyken biraz azalır. Bağ açısı da gazken biraz genişler, katı haldeyken de azalır.*

(A): *Peki bir şey daha soracağım sana. Kabın şekli etkiler mi molekülü? Eğer cevabın etkilerse, nasıl etkiler? Etkilemezse, neden etkilemez?*

(Ö10): *Etkiler. Kabın şeklini alır moleküller?*

(A): *Ben sana bir tek molekülü soruyorum, ona göre cevap ver. Molekülün şekli ve bağ açısı değişir mi?*

(Ö10): *Değişir herhalde.*

(A): *Nasıl değişir, anlatır mısın?*

(Ö10): *Bilmiyorum ama değişir. Kabın şeklini aldığına göre değişmesi lazım.*

(A): *Bağ açısı değişir mi mesela?*

(Ö10): *Değişmesi lazım. Kabın neresinde olduğuna bağlı. Belki köşede bir yerdeyse oranın şekline göre bağ açısı kısılabılır veya uzayabilir biraz.*

(A): *Bağların uzunluğu değişir mi?*

(Ö10): *Tam bilmiyorum ama, o da değişir. Bağ açısı değiştiğine göre... Mesela... Bilmiyorum ama değişmesi lazım. Formülü değişmez ama şekli değişebilir bence.*

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci ve dördüncü öğrenciler (Ö1 ve Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrencinin de mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar onların sıcaklık, basınç, hal değişimi gibi fiziksel faktörlerle molekülün üç boyutlu yapısının değişmeyeceğini bildiklerini göstermektedir. Birinci öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *molekül şeklinin moleküle özel ve karakteristik olduğundan ve bu nedenle bu tür fiziksel değişimlerle molekül şeklinin değişmeyeceğinden* bahsetmiştir. Benzer şekilde dördüncü öğrenci de mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *bu tür fiziksel değişimlerin moleküller arası uzaklıkları etkileyebileceğini ancak bir molekülün iç yapısını değiştiremeyeceğini, molekülün yapısının değişebilmesi için kimyasal bazı olayların gerçekleşmesi gerektiğini* ifade etmiştir. Örneklemedeki birinci ve dördüncü öğrenciyle (Ö1 ve Ö4) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Peki bu çizdiğin su molekülünün üç boyutlu yapısı sıcaklıkla, basınçla ve hal değişimi sırasında değişir mi? Değişir ise nasıl değişir?*

(Ö1): *Değişmez bence, yine aynı bağlarla bağlı olduğu için değişmez.*

(A): *Ne demek istedin?*

(Ö1): *Yani su molekülü böyledir. Değişmez bu.*

(A): *Sıcaklıkla değişmez mi?*

(Ö1): *Değişmez bence. Suyun şekli her zaman aynıdır. O zaman bu şu sıcaklıktaki su, bu şu sıcaklıktaki su mu diyeceğiz. Değişmez.*

(A): *Basınçla değişir mi?*

(Ö1): *Değişmez yine. Molekülün şekli budur, niye değişsin ki?*

(A): Peki hal değiştirirse?

(Ö1): Ya değişmez. Niye değişsin. Su molekülünün şekli her zaman aynıdır. Sıvı haldeki su da, gaz haldeki su da, katı haldeki su da aynıdır.

(A): Niye değişmez peki?

(Ö1): Ya molekülün şekli bellidir. Değişmez ki bu tür şeylerle.

.....

(A): Peki bu çizdiğin su molekülünün üç boyutlu yapısı sıcaklıkla, basınçla ve hal değişimi sırasında değişir mi? Değişir ise nasıl değişir?

(Ö4): Aynı olurdu. Sıcaklık 100 derece de olsa aynı olur. 20 derece de olsa aynı olur. Molekülün yapısı değişmez çünkü.

(A): Peki basınçla değişir mi?

(Ö4): Yine değişmez. Aynıdır. Moleküller arası uzaklık değişir ama molekülün içi değişmez.

(A): Peki hal değiştirirse?

(Ö4): Yine aynı olur. Suyu biz katıda yapsak molekül şekli aynı olur. Sıvıda yapsak molekül şekli yine aynı olur. Molekülün yapısı değişmez. Bunlar sadece moleküller arası uzaklığı etkiler. Molekülün içinde bir değişim olmaz.

(A): Niye peki hiç değişmiyor?

(Ö4): Bunlar fiziksel olaylardır. Molekülün yapısını etkilemez. Molekülün yapısını etkilemesi için kimyasal olaylar gerekir.

(A): Ne mesela?

(Ö4): Ya ne bileyim. Başka bir molekülle bağ yapması mesela. Daha kuvvetli olayların olması lazım.

(A): Nedir o kuvvetli olay dediğin?

(Ö4): Bilmiyorum. Bir kimyasal reaksiyon olabilir.

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci öğrenci (Ö5) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanlılığı içeren cevaplar verirken, on altıncı öğrenci (Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermiştir. Beşinci öğrencinin mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun sıcaklık, basınç, hal değişimi gibi fiziksel faktörlerle moleküllerin üç boyutlu yapılarının değişebileceğine inandığını göstermektedir. Bu öğrenci açıklamalarında *yüksek sıcaklıkta bağ açısının ve bağ uzunluğunun artacağını, düşük sıcaklıkta ise bağ açısının ve bağ uzunluğunun azalacağını* ifade etmiştir. Beşinci öğrenci ifadelerinde *yüksek basınçta bağ açısının ve bağ uzunluğunun azalacağını, düşük basınçta ise bağ açısının ve bağ uzunluğunun artacağını* da ifade etmişlerdir. Ayrıca bu öğrenci *gazlardan katılara doğru gidildikçe bağ açısının ve bağ uzunluğunun azaldığını* ifade etmiştir. Beşinci öğrenci kendisine yöneltilen “*Kabın şekli içindeki bir molekülün üç boyutlu yapısını etkiler mi?*” şeklindeki bir soruya ise *değiştirmez* cevabını vermiştir. Buna karşılık, on altıncı öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *molekül şeklinin bu tür fiziksel değişimlerden etkilenmediğini, sıcaklık, basınç ve hal değişimi gibi fiziksel değişimlerin sadece moleküller arası uzaklığı etkilediğini* ifade etmiştir. Örnekteki beşinci ve on altıncı (Ö5 ve Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Peki bu çizdiğin su molekülünün üç boyutlu yapısı sıcaklıkla, basınçla ve hal değişimi sırasında değişir mi? Değişir ise nasıl değişir?

(Ö5): Değişir. Değişmesi lazım.

(A): Niye öyle söyledin.

(Ö5): Hep söyleriz ya gaz halde tanecikler arasındaki uzaklık en fazladır. Katı halde en azdır diye. Demek ki değişiyor.

(A): Peki ne olur? Mesela yüksek sıcaklıklarda ne olur? Düşük sıcaklıklarda ne olur?

(Ö5): Yüksek sıcaklıkta atomlar uzaklaşır birbirinden. Daha hızlı hareket ederler. Enerjileri yüksektir. Düşük sıcaklıkta daha yakındırlar. Enerjileri daha az olduğu için yavaşlar. Sıkı sıkıya yerleşmişlerdir.

(A): Ben sana molekül içindeki bağları soruyorum. Molekülün üç boyutlu yapısını soruyorum. Onlar ne olur, değişir mi?

(Ö5): Atomlar birbirinden uzaklaşacağı için daha uzak olur. Bağlar uzar.

(A): Bağ açısı değişir mi?

(Ö5): Değişir o da mutlaka?

(A): Nasıl değişir? Mesela sıcaktayken ne olur, soğuktayken ne olur?

(Ö5): Sıcakta atomlar uzaklaşacağı için, açı artar herhalde. Genişler yani.

(A): Soğukta da tersi mi?

(Ö5): Evet.

(A): Peki basınç?

(Ö5): O da aynıdır. Aynı şey. Basıncı artırırsak atomlar birbirine yaklaşacağından bağlar kısılır.

(A): Bağ açısı ne olur peki?

(Ö5): O da daralır.

(A): Hal değişiminde ne olur? Aslında dolaylı yoldan bahsettin sen biraz.

(Ö5): Hal değişiminde... katıdan gaza gittikçe bağ uzar. Açı da büyür. Genişler.

(A): Peki. Kabın şekli etkiler mi bir molekülün üç boyutlu yapısını? Yani bütün moleküller aynı mıdır bir kaptaki yoksa değişik değişik olabilir mi?

(Ö5): Nasıl yani, suda mı?

(A): Evet.

(Ö5): Anlamadım.

(A): Şunu soruyorum; bir kap var diyelim. İçinde de su var. Ortadaki bir yerdeki su molekülünün bağ uzunluğu ile, kenardaki bir su molekülünün bağ uzunluğu aynı mıdır?

(Ö5): ... (bir süre düşündü ve sustu)... Bilmiyorum. Aynıdır herhalde.

(A): Peki moleküllerin üç boyutlu yapısı farklı mıdır, kabın farklı yerlerinde?

(Ö5): Su bulunduğu kabın şeklini alıyordu ama bir tane molekülün şekli değişmez herhalde. Aynı bence. Molekül çok küçük zaten. Değişmez.

.....

(A): Peki bu çizdiğin su molekülünün üç boyutlu yapısı sıcaklıkla, basınçla ve hal değişimi sırasında değişir mi? Değişir ise nasıl değişir?

(Ö16): Değişir galiba.

(A): Nasıl değişir mesela? Sıcaklıkla başlayalım. Mesela yüksek sıcaklıkta ne olur?

(Ö16): Oksijenle hidrojen arasındaki bağ biraz uzar. Ama bir saniye, değişmez herhalde. Bundan bahsetmiştik derste ama. Moleküllerin arasındaki bağlarla ilişkiliydi. Moleküller birbirinden uzaklaşır. Ama O ile H arasındaki bağ değişmez. Molekülün içindeki...

(A): Neden değişmez?

(Ö16): Çünkü molekülün içinde değişim olmuyordu. Sıcaklık, basınç... bunlar sadece moleküller arası bağları etkiliyorlardı.

(A): Peki basınçla değişir mi? Değişirse nasıl değişir?

(Ö16): Değişmez yine. Molekülün içindeki bağ değişmez. Ama moleküller arasındaki uzaklık artar ya da azalır. Basıncı artırırsak moleküller sıkışır, azaltırsak birbirinden uzaklaşırlar.

(A): Molekülün içinde bir değişim olmaz diyorsun ama?

(Ö16): Evet.

(A): Hal değişimi sırasında?

(Ö16): Yine değişmez.

(A): Bağ açısı yada bağ uzunlukları değişmez mi mesela su katı halden gaz haline geçtiğinde?

(Ö16): Değişmez.

(A): Neden peki?

(Ö16): *Molekülün içi değişmiyordu. Su molekülü her zaman aynıdır. Katı da olsa aynıdır. Sıvı da olsa aynıdır. Sadece moleküller arasındaki uzaklıklar değişiyordu. Gaz haline geçince moleküller uzaklaşıyordu birbirinden. Katı halde daha sıkı oluyordular.*

“Çok sayıda su molekülünün bir arada olduğu bir bardak suyu düşünelim. Bu bir bardak suda, yan yana bulunan çok sayıda su molekülü arasında herhangi bir etkileşim var mıdır? Cevabınızı açıklayınız?” alt sorusu, öğrencilerin moleküller arası kuvvetlerin varlığından haberdar olup olmadıklarını ve karşılaştıkları bir bileşiğin molekülleri arasında hangi kuvvetlerin olduğunu belirleyip belirlemediklerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Öğrencilerin gerek derslerden gerekse günlük hayattan aşına oldukları suyu (H_2O) oluşturan moleküller arası kuvvetleri belirlemelerinin istendiği bu soruda onlardan beklenen; açıklamalarında; *su molekülleri arasında moleküller arası kuvvetlerin olduğunu ve bu kuvvetlerin hidrojen bağı ve dipol-dipol kuvvetleri olduğunu* ifade etmeleridir. Mülakatın bu sorusuna öğrencilerin bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları ise kavram yanlışlarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanlışlığı içeren cevaplar vermişlerdir. Altıncı öğrenci (Ö6) mülakatın birinci sorusundaki “*Kimyasal bağların hepsi aynı mıdır, yoksa türleri var mıdır?*” alt sorusuna cevap verirken *molekülleri bir arada tutan bağların olduğunu* ifade etmesine rağmen, mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun *moleküller arası kuvvet* kavramının anlamını tam bilmediğini ve hatta moleküller arasında bir kuvvet veya etkileşim olmadığını düşündüğünü ortaya çıkarmıştır. Bu öğrenci, başlangıçta moleküller arası bağlar olarak sınıflandırdığı ve isimlerini saydığı bağ türlerini mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda molekül içi bağlanmış gibi ifade etmiştir. Buna karşılık; onuncu öğrencinin (Ö10) mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun moleküller arası kuvvetlerin varlığından haberdar olduğunu, ancak *su molekülleri arasında Van der Waals kuvvetlerinin olduğunu* düşündüğünü ortaya çıkarmıştır. *Van der Waals kuvvetlerinin apolar moleküller arasında gerçekleştiği* bilgisine sahip bu öğrenci, *polar ve apolar* kavramlarını karıştırdığı için; ona göre apolar moleküller olan su molekülleri arasında Van der Waals kuvvetlerinin var olduğunu düşünmektedir. Örneklemdaki altıncı ve onuncu (Ö6 ve Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Şimdi çok sayıda su molekülünün bir arada olduğu bir bardak suyu düşünelim. Bu bir bardak suda, yan yana bulunan çok sayıda su molekülü arasında herhangi bir etkileşim var mıdır sence?*

(Ö6): *Bilmiyorum. Bağ anlamında mı?*

(A): *Yani. Herhangi bir çekme, itme yada bağ var mıdır?*

(Ö6): *Suda hidrojen bağı vardır.*

(A): *Moleküller arasında mı?*

(Ö6): *Hidrojenle oksijen arasında?*

(A): *Peki yan yana duran iki tane su molekülü düşün. Onlar arasında bir bağ var mıdır diye soruyorum ben.*

(Ö6): *Bilmiyorum. Vardır herhalde.*

(A): *Herhalde ne demek?*

(Ö6): *Bilmiyorum.*

(A): *Var mıdır, yok mudur bu molekülleri bir arada tutan bir kuvvet?*

(Ö6): *Vardır.*

(A): *Nedir peki? Adı ne onun?*

(Ö6): *Bilmiyorum.*

(A): *Peki sen bağları ayırmıştın hatırlıyor musun. Moleküller arası bağlar var demiştin. Onları saymıştın. Hidrojen, Van der Waals, dipol-dipol demiştin.*

(Ö6): *Evet. Onu biliyorum da... Onu mu soruyorsunuz siz?*

(A): *Yan yana duran iki tane su molekülü arasına bir bağ veya kuvvet var mı diye soruyorum.*

(Ö6): *Vardır. Hidrojen bağı vardır suda.*

(A): *Neresinde?*

(Ö6): *Hidrojenle oksijenin arasında.*

(A): *Neyse...*

.....

(A): *Şimdi çok sayıda su molekülünün bir arada olduğu bir bardak suyu düşünelim. Bu bir bardak suda, yan yana bulunan çok sayıda su molekülü arasında herhangi bir etkileşim var mıdır sence?*

(Ö10): *Vardır. Hidrojen bağı vardır aralarında.*

(A): *Su molekülünün neresinde hidrojen bağı?*

(Ö10): *Hidrojenle oksijen arasında.*

(A): *Ben sana moleküller arasındaki bağı soruyorum. Bak şimdi, iki tane su molekülünü düşün yan yana. Çizmiştin ya sen. İki su molekülü arasında hangi bağ vardır bunu soruyorum.*

(Ö10): *Anladım tamam. İkisi de ametal olduğu için... apolar moleküldür H_2O . Böyle...*

(A): *Neden Van der Waals bağı vardır dedin?*

(Ö10): *Şimdi bunlar ikisi de farklı atom olduğu için apolardır. Apolar moleküllerde Van der Waals bağı var demiştik. O yüzden.*

(A): *Nasıl oluşuyor Van der Waals su molekülleri arasında kısaca açıklar mısın? Çünkü hatırlıyorum sen bahsetmiştin bundan daha önce.*

(A): *Evet. Şimdi oksijen elektronları kendine daha çok çektiği için suyun oksijen tarafı kısmen negatif oluyordu. Hidrojen daha az çektiği için o taraf da kısmen pozitif oluyordu. İşte yan yana bulunan moleküllerin birinin kısmen pozitif tarafı ile diğerinin kısmen negatif tarafı birbirini çekiyordu. Ve böylece bir arada duruyorlardı.*

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrenci (Ö1) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar verirken, dördüncü öğrenci (Ö4) bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar vermiştir. Birinci öğrencinin (Ö1) mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun *su molekülleri arasında moleküller arası kuvvetlerin olduğunu ve bu kuvvetlerin hidrojen bağı ve dipol-dipol kuvvetleri olduğunu* bildiğini göstermiştir. Ayrıca bu öğrenci (Ö1) su molekülleri arasındaki çekimin

nasıl oluştuğunu da bilimsel fikirlerle tutarlı olarak açıklayabilmiştir. Buna karşılık; dördüncü öğrencinin (Ö4) mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun *su molekülleri arasında moleküller arası kuvvetlerin olduğunu ve bu kuvvetlerden birinin hidrojen bağı olduğunu bilmesine rağmen, dipol-dipol kuvvetleri ile Van der Waals kuvvetlerini karıştırdığı için su molekülleri arasındaki diğer bağ türünün Van der Waals bağı olduğunu düşündüğünü göstermiştir. Örneklemedeki birinci ve dördüncü (Ö1 ve Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.*

(A): *Şimdi çok sayıda su molekülünün bir arada olduğu bir bardak suyu düşünelim. Bu bir bardak suda, yan yana bulunan çok sayıda su molekülü arasında herhangi bir etkileşim var mıdır sence?*

(Ö1): *Evet, hidrojen bağları vardır su moleküllerinin arasında. Daha önce çizmiştik.*

(A): *Başka bir bağ var mı su molekülleri arasında?*

(Ö1): *Dipol-dipol bağı olabilir bir de.*

(A): *Neden öyle söyledin?*

(Ö1): *Ya aslında hidrojen bağı vardır suda ama. Dipol-dipol de olur. Çünkü apolar bağı bu. Biri oksijen biri hidrojen olduğu için.*

(A): *İkisi birden olabilir mi?*

(Ö1): *Olur herhalde.*

(A): *Peki nasıl oluşuyor hidrojen bağı ve dipol-dipol bağı su molekülleri arasında kısaca açıklar mısın? Sen suda hidrojen bağı biraz bahsetmiştin. Ama dipol-dipolde HCl örneğini vermiştin. Sudan bahsetmemiştin orada. Kısaca bir anlatır mısın; ne oluyor su molekülleri arasında?*

(Ö1): *Suda oksijen daha elektronegatif olduğu için elektronları kendine çekiyordu. Bu nedenle oksijenin olduğu taraf negatif yüklü oluyordu. Hidrojen daha az çektiği için onun tarafı da pozitif yüklü oluyordu. İşte yan yana olan su moleküllerinin bu eksi ve artı tarafları birbirini çekiyordu ve bir arada duruyorlardı bütün moleküller.*

(A): *Bu anlattığın hangi bağ türü için?*

(Ö1): *İkisi için de aslında.*

(A): *Hidrojen bağına açıklarken bu tür şeylerden bahsetmemiştin.*

(Ö1): *Bilmiyorum. Aynındırlar aslında. Ama hidrojen bağı olması için içinde hidrojen ve elektronegatifliği yüksek olan herhangi bir atom... flor, klor gibi.... Bunlar olması lazım. Oksijen gibi.*

.....

(A): *Şimdi çok sayıda su molekülünün bir arada olduğu bir bardak suyu düşünelim. Bu bir bardak suda, yan yana bulunan çok sayıda su molekülü arasında herhangi bir etkileşim var mıdır sence?*

(Ö4): *Evet vardır.*

(A): *Ne vardır peki?*

(Ö4): *Hidrojen bağları vardır su molekülleri arasında.*

(A): *Başka bir bağ var mı su molekülleri arasında?*

(Ö4): *Yok. Suda hidrojen bağı vardır.*

(A): *Nasıl oluşuyor hidrojen bağı su molekülleri arasında? Sen daha önce bahsetmiştin gerçi ama. Kısaca bir kere daha anlatır mısın; ne oluyor su molekülleri arasında?*

(Ö4): *Tam bilmiyorum nasıl olduğunu ama... yan yana bulunan su moleküllerinin birinin hidrojeni ile diğerinin oksijeni arasında oluşuyordu.*

(A): *Biraz düşün istersen.*

(Ö4): *(biraz düşündü)... Van der Waals de olabilir su molekülleri arasında. Çünkü su da polar olduğuna göre. Şöyle oluşur o zaman. Burada oksijen elektronları daha çok çektiği için kendine, kısmen negatif olur. Hidrojen az çektiği için, kısmen pozitif olur. Bu yüzden birinin oksijen tarafı ile diğerinin oksijen tarafı birbirini çeker, zıt yüklü oldukları için. Bu yüzden de bağ yaparlar.*

(A): *Bu anlattığın hangi bağ için.*

(Ö4): *Van der Waals için söylemiştim ben bunları ama, hidrojende de aynı olabilir. Çünkü o da elektronegatif atomlarla hidrojen arasında oluyordu.*

(A): *Şimdi aralarındaki çekim hangisi? Ya da ikisi birden olabilir mi?*

(Ö4): *Bilmiyorum. Hidrojen bağı var, kesin biliyorum da. Van der Waals de olabilir.*

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerekleştii beşinci öğrenci (Ö5) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar verirken, on altıncı öğrenci (Ö16) bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermiştir. Birinci öğrencinin (Ö1) mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun *su molekülleri arasında moleküller arası kuvvetlerin olduğunu ve bu kuvvetlerden birinin hidrojen bağı olduğunu bilmesine rağmen, dipol-dipol kuvvetleri ile Van der Waals kuvvetlerini karıştırdığı için su molekülleri arasındaki diğer bağ türünün Van der Waals bağı olduğunu düşündüğünü* göstermiştir. Buna karşılık; on altıncı öğrencinin (Ö16) mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun *su molekülleri arasında moleküller arası kuvvetlerin olduğunu ve bu kuvvetlerin hidrojen bağı ve dipol-dipol kuvvetleri olduğunu bildiğini* göstermiştir. Ayrıca bu öğrenci (Ö16) su molekülleri arasındaki çekimin nasıl oluştuğunu da bilimsel fikirlerle tutarlı olarak açıklayabilmiştir. Örneklemdaki beşinci ve on altıncı (Ö5 ve Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Şimdi çok sayıda su molekülünün bir arada olduğu bir bardak suyu düşünelim. Bu bir bardak suda, yan yana bulunan çok sayıda su molekülü arasında herhangi bir etkileşim var mıdır sence?*

(Ö5): *Vardır. Hidrojen bağları ve Van der Waals vardır. Birbirine komşu olan moleküllerin birinin oksijeni ile diğerinin hidrojeni arasında zayıf bir bağ vardır.*

(A): *Sen daha önce bu iki bağ türünü açıklarken suyu örnek vermiştin zaten. Şimdi kısaca bir daha anlatır mısın?*

(Ö5): *Hidrojen bağı elektronegatifliği yüksek olan atomlarla hidrojen arasında meydana geliyordu. Suda oksijenin elektronegatifliği fazla olduğu için kısmen negatif oluyordu. Hidrojen daha az çektiği için kısmen pozitif oluyordu. Böylece moleküllerin zıt kutupları birbirini çekiyorlardı.*

(A): *Bu anlattığın hangi bağ?*

(Ö5): *Hidrojen.*

(A): *Van der Waals nasıl oluyor peki suda?*

(Ö5): *O da aynı aslında. O da polar molekül olduğu için oluşuyordu. Yine bir taraf kısmen, bir taraf kısmen pozitif olduğu için birbirlerini çekiyorlardı.*

.....

(A): *Şimdi çok sayıda su molekülünün bir arada olduğu bir bardak suyu düşünelim. Bu bir bardak suda, yan yana bulunan çok sayıda su molekülü arasında herhangi bir etkileşim var mıdır sence?*

(Ö16): *Vardır. Su molekülleri arasında hidrojen bağı ve dipol-dipol kuvvetleri vardır. Eğer aralarında bir çekim olmazsa parça parça olurlar. Bir bütün halinde olmaz su maddesi. Damla damla gibi olur.*

(A): *Sen hidrojen bağını açıklarken suyu örnek vermiştin, nasıl oluştuğunu da açıklamıştın ama kısaca bir daha bahseder misin?*

(Ö16): *Buraya çizmiştik. Oksijen elektronegatif olduğu için elektronları kendine çekiyordu. Bu yüzden kısmen negatif oluyor. Hidrojen de kısmen pozitif olur. Moleküllerin kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlar birbirini çekerler ve bir arada dururlar.*

(A): *Peki dipol-dipol nasıl oluyor suda?*

(Ö16): *O da aynı. Polar olduğu için onda da aynı şekilde. Yine oksijen kısmen negatif hidrojen de kısmen pozitif olduğu için çekerler birbirlerini.*

9. Soru. Sofra tuzunun formülünü yazar mısınız?

Bu mülakat sorusu, öğrencilerin sofrata tuzunu oluşturan atomları bilip bilmediklerini ve formülünü doğru yazıp yazmadıklarını araştırmaktadır. Aslında bu soru; daha sonra öğrencilere sofrata tuzuyla ilgili olarak yöneltilecek alt mülakat soruları için bir başlangıç noktası görevi yapmakta ve bu sorular için temel oluşturmaktadır. Mülakatın bu sorusuna kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği tüm öğrenciler doğru cevap vermiş ve suyun formülünün $NaCl$ olduğunu kendilerine verilen kağıtlara doğru olarak yazabilmiştir.

“Sofrata tuzunu oluşturan atomlar arasında hangi bağ vardır?” alt sorusu, öğrencilerin $NaCl$ 'nin yapısını ve onu oluşturan atomların özelliklerini ne düzeyde bildiklerini ve bunlardan yola çıkarak onu hangi bağ türü ile ilişkilendirdiklerini ortaya çıkarmak için sorulmuştur. Bu soruda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *sofrata tuzunu oluşturan atomlar arasında iyonik bağın olduğunu* ifade etmeleridir. Mülakatın bu sorusuna öğrencilerden bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları yanlış veya kavram yanlışlığı içeren cevaplar vermişler. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanlışlığı içeren benzer cevaplar vermişlerdir. Mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar, her iki öğrencinin de iyonik ve kovalent bağ birbiriyle karıştırdıklarını göstermiştir. Mülakatın kovalent bağ ve iyonik bağla ilgili sorularına verdikleri cevaplardan da bu iki bağ türünü karıştırdıkları anlaşılan öğrencilerin, *$NaCl$ 'de sodyum ve klor atomları arasında kovalent bağın olduğunu* düşündükleri tespit edilmiştir. Örnekteki altıncı ve onuncu (Ö6 ve Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Sofrata tuzunu oluşturan atomlar arasında hangi bağ var peki?

(Ö6): Sodyum metal olduğuna göre. Klor da ametaldir. Kovalent bağ vardır aralarında.

.....

(A): Sofrata tuzunu oluşturan atomlar arasında hangi bağ var peki?

(Ö10): Tuz molekülünde kovalent bağ var. Sodyumun 11 elektronu vardır. Elektron vermek ister. Klorunda 17'yi galiba. O da elektron almak ister. Sodyum bir elektronunu klora verir ve kovalent bağ yaparlar.

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerekleştiiği birinci ve dördüncü öğrenci (Ö1 ve Ö4) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermiştir. Bu soruya her iki öğrenci (Ö1 ve Ö4) de açıklamalarında; *iyonik bağın metallerle ametaller arasında gerekleştiiğinden, iyonik bağın metal atomundan ametal atomuna elektron alışverişiyle gerekleştiiğinden ve tuzdaki sodyum ve klor atomu arasındaki bağın iyonik bağ olduğundan* bahsetmişlerdir. Örneklemdaki birinci (Ö1) ve dördüncü (Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Sofra tuzunu oluşturan atomlar arasında hangi bağ var peki?*

(Ö1): *Sodyum metal olduğu için, klor da ametal olduğu için iyonik bağ vardır. Birinin elektron fazlası vardır, vermek ister. Klorunda eksikiği vardır, almak ister. Bu nedenle sodyum klora bir elektron verir. Verince de biri artı, diğeri eksi yüklü olduğu için birbirlerini çekerler.*

.....

(A): *Hangi bağ var sofra tuzundaki atomlar arasında?*

(Ö4): *İyonik. Biri metal biri ametal olduğu için elektron alışverişi olur metalden ametale. Bu nedenle iyonik bağ vardır.*

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerekleştiiği beşinci (Ö5) ve on altıncı (Ö6) öğrenciler de (Ö5 ve Ö16) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrenci de bu soruya cevap verirken açıklamalarında *iyonik bağın metallerle ametaller arasında gerekleştiiğinden, iyonik bağın metal atomundan ametal atomuna elektron verilmesiyle gerekleştiiğinden ve tuzdaki sodyum ve klor atomu arasındaki bağın iyonik bağ olduğundan* bahsetmişlerdir. Örneklemdaki beşinci ve on altıncı öğrenciyle (Ö5ve Ö16) yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): *Peki atomlar arasında hangi bağ var sofra tuzunda?*

(Ö5): *Sodyumun atom numarası 11 olduğu için bir elektronunu verip soygaza benzemek ister. Klorun ki de17. Ametaldir o da, elektron almak ister soygaza benzemek için. İyonik bağ oluşur aralarında.*

.....

(A): *Sofra tuzunu oluşturan atomlar arasında hangi bağ var?*

(Ö16): *İyonik bağ vardır. Biri metal diğeri ametal olduğu için elektron alışverişi yaparlar.*

“Sofra tuzunun yapısını açıklar mısınız? Sofra tuzu moleküler yapıda mıdır? Sofra tuzunun bir molekül şekli var mı? Varsa nasıldır?” alt sorusu, öğrencilerin NaCl'nin yapısıyla ilgili anlama düzeylerini ortaya çıkarmak ve onların sofra tuzunun moleküler yapıda olduğunu düşünüp düşünmediklerini belirlemek amacıyla sorulmuştur. Mülakatın bu sorusunda öğrencilerden beklenen; açıklamalarında *sofra tuzu gibi iyonik yapılu*

bileşiklerin örgü yapısına sahip olduğunu, sofrta tuzunun moleküler yapıya sahip olmadığını ve yan yana bulunan zıt yüklü tüm sodyum ve klor atomlarının birbirine iyonik bağla bağlı olduğunu ifade etmeleridir. Mülakatın bu sorusuna öğrencilerin bazıları bilimsel bilgilerle tutarlı cevaplar verirlerken, bazıları ise kavram yanlışlarını içeren cevaplar vermişlerdir. Bu soruyla ilgili olarak, Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16 ile yapılan mülakatlardan elde edilen bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı ve onuncu öğrenciler (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanlışlığı içeren cevaplar vermişlerdir. Altıncı ve onuncu öğrencilerin (Ö6 ve Ö10) mülakatın bu sorusuna verdikleri cevaplar onların sodyum klorürün örgü yapısından haberdar olmadıklarını ve sodyum klorürün moleküler bir yapıya sahip olduğunu düşündüklerini ortaya çıkarmıştır. *Sodyum klorür molekülünün bir sodyum ve bir klor atomundan oluştuğunu ve sodyum klorürün molekül şeklinin doğrusal olduğunu ifade eden altıncı öğrenci sodyum klorür molekülleri arasında moleküller arası bağların olduğunu söylemiş, ancak bu moleküller arası bağların adını veya nasıl oluştuğunu ifade edememiştir. Altıncı öğrenciyle benzer biçimde sodyum klorür molekülünün bir sodyum ve bir klor atomundan oluştuğunu ve sodyum klorürün molekül şeklinin doğrusal olduğunu ifade eden onuncu öğrenci de sodyum klorür molekülleri arasında Van der Waals bağlarının olduğunu söylemiştir. Ayrıca, onuncu öğrencinin sodyum klorürün doğrusal molekül şekline sahip olduğunu söylemesi üzerine araştırmacının sorduğu “NaCl neden doğrusaldır?” sorusuna verdiği cevaplar onun molekül şeklinin sadece atom sayısına bağlı olduğuna inandığını göstermiştir. Örneklemdaki altıncı ve onuncu (Ö6 ve Ö10) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.*

(A): *Sofra tuzunun yapısını açıklayabilir misin?*

(Ö6): *Tuzda kovalent bağ vardır. Soyum klora bir elektron verir, artı yüklü olur. Klorda elektronu alır, eksi yüklü olur. Kovalent bağ yaparlar.*

(A): *Aslında sormak istediğim şu; sofrta tuzu moleküler yapıda mıdır yani? Mesela suyun açık formülünü yapmıştın ya sen. Bir su molekülünde iki hidrojen vardı, bir oksijen vardı. Bunlar bir molekülü oluşturuyordu. Sodyum klorürde de var mı böyle bir şey?*

(Ö6): *Evet. Sodyum klorürde de bir sodyum bir de klor atomu vardır.*

(A): *Moleküler yapıda mıdır yani?*

(Ö6): *Evet.*

(A): *Peki o zaman. Su molekülünün şeklini çizdin ya sen. Sofra tuzununkini de çizer misin? Madem moleküler yapıda. Bir tane molekülü çizer misin?*

(Ö6): *(Şekil 48'i çizdi)...*

(A): *Peki bu molekülün bir şekli var mı?*

(Ö6): *Doğrusal.*

(A): *Diyelim bu yaptığın NaCl'nin yanında bir tane daha var NaCl molekülü. İkisinin arasında bir bağ olur mu? Yada herhangi bir etkileşim, kuvvet?*

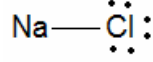
(Ö6): Bilmiyorum. Vardır herhalde.

(A): Herhalde ne demek?

(Ö6): Bilmiyorum ama bunları tutan bir bağ vardır.

(A): Nasıl bir bağ bu? Sen üç tane moleküller arası bağ söylemiştin. Onlardan biri mi?

(Ö6): Bilmiyorum.



Şekil 48. Altıncı öğrencinin sofra tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim

.....

(A): Sofra tuzunun yapısını açıklayabilir misin?

(Ö10): Tuzda kovalent bağ vardır. Sodyum kloro bir elektron verir. Sodyum artı yüklü olur. Klor eksi yüklü olur. Zıt yüklü oldukları için birbirlerini çekerler ve kovalent bağ yaparlar.

(A): Benim sormak istediğim şeydu aslında; sofra tuzu moleküller yapıda mıdır? Yani, suyun açık formülünü yapmıştın ya sen az önce. Ne yapmıştın su molekülü çiz deyince? İki hidrojen ve bir oksijenden oluşan bir yapı çizdin, değil mi?

(Ö10): Evet?

(A): Şimdi ben sana sodyum klorürü çiz diyorum işte? Onda bir moleküler yapı var mı? Yoksa daha farklı bir yapıya mı sahip?

(Ö10): Bu (sodyum klorürü kast ederek) da aynıdır. Sodyum klorürde bir sodyum bir de klor vardır. Bir araya gelerek molekülü oluştururlar.

(A): Yani sodyum klorür de moleküler yapıya sahip diyorsun?

(Ö10): Evet?

(A): O zaman bu molekülün bir şekli vardır herhalde, değil mi? Çizer misin?

(Ö10): Doğrusaldır molekül şekli. Şöyle... (Şekil 49'u çizdi)...

(A): Neden doğrusaldır?

(Ö10): Çünkü iki atom var. başka ne olacak, doğrusaldır herhalde.

(A): Diyelim bu yaptığın NaCl'nin yanında bir tane daha var NaCl molekülü. Daha doğrusu diyelim bir sürü NaCl molekülü yan yana. Bunlar arasında bir bağ var mıdır? Yada herhangi bir etkileşim, kuvvet vesaire?

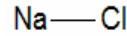
(Ö10): Olabilir.

(A): Nasıl yani?

(Ö10): Farklı atomlar arasında olunca Van der Waals oluyordu. Apolar moleküller arasında Van der Waals var demiştik.

(A): NaCl apolar molekül mü?

(Ö10): Evet. Farklı cins olduğu için apolardır. Aynı cins olsaydı polar olurdu.



Şekil 49. Onuncu öğrencinin sofra tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrenci (Ö1) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı olmayan ve kavram yanılgısı içeren cevaplar verirken, dördüncü öğrenci (Ö4) bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermiştir. Birinci öğrencinin (Ö1) mülakatın bu sorusuna verdiği cevaplar onun sodyum klorürün örgü yapısından haberdar olmadığını ve sodyum klorürün moleküler bir yapıya sahip olduğunu düşündüğünü ortaya çıkarmıştır. Sodyum klorür molekülünün bir sodyum ve bir klor atomundan oluştuğunu ve sodyum klorürün molekül şeklinin doğrusal olduğunu ifade eden birinci öğrenci aynı

zamanda sodyum klorür molekülleri arasında dipol-dipol bağlarının olduğunu söylemiştir. Buna karşılık dördüncü öğrenci (Ö4) mülakatın bu sorusuna cevap verirken sodyum klorürün örgü yapısından bahsetmiş ve açıklamalarında *yan yana bulunan çok sayıdaki sodyum ve klor atomları arasında iyonik bağ olduğunu, her bir artı yüklü sodyumun etrafındaki eksi yüklü altı klor atomuyla ve her bir eksi yüklü klorun etrafındaki artı yüklü altı sodyum atomuyla iyonik bağ yaptığını* ifade etmiştir. Ayrıca dördüncü öğrenci mülakatın bu sorusuna cevap verirken sodyum klorürün örgü yapısını açıklamak için bir çizim yapmıştır. Örneklemedeki birinci ve dördüncü (Ö1 ve Ö4) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Sofra tuzunun yapısını açıklayabilir misin?

(Ö1): Nasıl açıklayacağım? Bağı mu aradaki?

(A): Olabilir. Biraz bahseder misin, sodyumla klor arasında ne oluyor, hangi bağ var aralarında?

(Ö1): Sodyum klorürde iyonik bağ vardır. Daha önce söylemiştim sodyum 11'di. Klor da 17. Sodyum bir elektronunu klora veriyordu ve iyonik bağ yapıyorlardı.

(A): Peki sodyum klorür moleküler bir yapıya mı sahiptir? Neyi sorduğumu açıklayayım biraz. Hani az önce su molekülünü çizmeni istedim ya senden. Sen de iki oksijen ve bir hidrojenden oluşan bir molekül çizdin ya. Sodyum klorürde de molekül diye bir şey var mı? Varsa nasıl bir molekül bu? Yoksa, nasıl bir yapıya sahiptir NaCl?

(Ö1): Vardır. Sodyum klorür molekülü vardır. Bir sodyum ve bir klordan oluşur.

(A): Peki çizer misin onu?

(Ö1): (Şekil 50'yi çizdi)...

(A): Suyun molekül şekli için açısız demiştin, peki NaCl'nin molekül şekli var mı?

(Ö1): Doğrusaldır.

(A): Peki. Diyelim bu yaptığın NaCl'nin yanında bir sürü daha NaCl molekülü var. Yan yana hepsi de. Bunların arasında bir bağ var mıdır? Bir etkileşim, bir kuvvet, çekme falan var mıdır?

(Ö1): Bilmiyorum tam olarak ama. Farklı cins atomlar arasında dipol-dipol bağı vardı.

(A): Ben sana atomlar arasındakini sormuyorum.

(Ö1): Tamam, anladım. Moleküller arasında demek istedim ben. Yani molekülde farklı cins atomlar olunca dipol-dipol bağı oluyordu arada. Kısım pozitif ve kısım negatif uçlar birbirini çekiyordu.

(A): Bunlar kısmen değil ama, zaten biri pozitif diğeri negatif yüklü.

(Ö1): Bilemiyorum. Aynı şey ama yine çekerler birbirlerini. Birinin sodyumu ile diğeri kloru arasında bir çekim oluşur yine.

(A): Bunun adı dipol-dipol bağı mı?

(Ö1): Öyle.



Şekil 50. Birinci öğrencinin sofra tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim

(A): Sofra tuzunun yapısını açıklayabilir misin?

(Ö4): Sodyumla klor arasındaki bağlanmayı mı açıklayacağım?

(A): Olabilir. Sen bahsetmiştin bundan. Çok kısaca.

(Ö4): Sodyumla klor arasında iyonik bağ vardır. Sodyumun bir elektronu vardır son enerji düzeyinde. Klorun ise yedi tanedir. Bu nedenle sodyum bir elektronunu klora verir. Sodyum artı bir yüklü olur, klor da eksi bir. Bu nedenle de birbirlerini çekerler.

(A): Peki sodyum klorür moleküler bir yapıya mı sahiptir? Şunu soruyorum yani. Hani az önce su molekülünü çizmeni istedim ya ben senden. Sen de iki oksijen ve bir hidrojenden oluşan bir molekül

çizdin ya. Sodyum klorürde de molekül diye bir şey var mı? Varsa nasıl bir şekli var molekülün? Yoksa, nasıl bir yapıya sahiptir NaCl? Mesela NaCl'nin yapısını çizmek istersen nasıl çizersin.

(Ö4): Onu hatırlıyorum. Bir sürü sodyum ve klor atomu birbirine iyonik bağla bağlıydı. Küp gibi.

(A): Şeklini çizebilir misin?

(Ö4): (Şekil 51'i çiziyor bir yandan da anlatıyor)... işte bunun gibi. Bir sodyum atomu altı klora bağlıydı. Tabi bir klor atomu da altı sodyuma bağlı aslında. Öğretmen demişti. Normalde tuzun formülü Na_6Cl_6 , ama basit olması için NaCl diyoruz diye.

(A): Peki burada sodyum klorür molekülü hangisi?

(Ö4): Hepsi.

(A): Peki bu bağlar ne bağları?

(Ö4): İyonik bağ.

(A): Hepsi de mi?

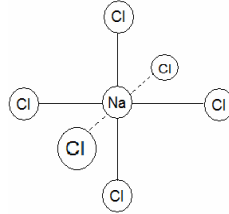
(Ö4): Hepsi de.

(A): Peki nasıl bağ yapmış bu atomlar?

(Ö4): Sodyum artı yüklü olduğu için en yakınındaki altı kloru çeker. Klorlar da eksi yüklü olduğu için.

(A): Sofra tuzu moleküler yapıda değil yani diyorsun. öyle görüldüğü gibi molekülde bir sodyum bir klor var ikisi birleşiyor bir molekül oluşturuyor şeklinde değil.

(Ö4): Evet. Biraz farklı bir yapıya sahip. Örgümlü yapı deniyor buna galiba. Hepsi birbirine bağlı, örgü şeklinde anlamında.



Şekil 51. Dördüncü öğrencinin sofratuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci ve on altıncı öğrenciler (Ö1) mülakatın bu sorusuna bilimsel fikirlerle tutarlı cevaplar vermişlerdir. Her iki öğrenci de mülakatın bu sorusuna cevap verirken sodyum klorürün örgü yapısından bahsetmiş ve açıklamalarında *yan yana bulunan çok sayıdaki sodyum ve klor atomları arasında iyonik bağ olduğunu, her bir artı yüklü sodyumun etrafındaki eksi yüklü altı klor atomuyla ve her bir eksi yüklü klorun etrafındaki artı yüklü altı sodyum atomuyla iyonik bağ yaptığını* ifade etmişlerdir. Ayrıca her iki öğrenci de mülakatın bu sorusuna cevap verirken sodyum klorürün örgü yapısını gösteren bir çizim yapmışlardır. Örnekteki beşinci ve on altıncı (Ö5 ve Ö16) öğrenciyle yapılan mülakatların ilişkili kısımları aşağıda verilmiştir.

(A): Sofra tuzunun yapısını açıklayabilir misin?

(Ö5): Tuzda iyonik bağ vardır. Sodyum metaldir. Klor da ametaldir. Elektron geçişi olur sodyumdan klora... Bu kadar. Ne soruyorsunuz siz?

(A): Tamam. Önemli değil. Bir şey soracağım sana. Su molekülünü çizdin ya sen az önce.

(Ö5): Evet.

(A): Su molekülünde kaç tane atom var.

(Ö5): Üç tane. İki hidrojen bir oksijen.

(A): Peki şunu sormak istiyorum; sodyum klorür de moleküler yapıda mıdır su gibi? Yani formülüne bakarsak, onda da bir sodyum ve bir klor bir araya gelmiş ve bir NaCl molekülü mü oluşturmuş? Onun yapısı nasıl?

(Ö5): Örgü yapısını mı soruyorsunuz?

(A): Bilmiyorum. O nedir?

(Ö5): Tuz örgü yapısına sahiptir.

(A): Biraz açıklar mısın?

(Ö5): Tuzda bütün klor ve sodyumlar yan yana düzenli bir şekilde istiflenmişlerdir. Bir sodyum atomu altı klor atomuna bağlıdır. Bir klorda altı sodyuma. Böyle örgü şeklinde bir yapıya sahiptirler.

(A): Şekli var mı aklında? Nasıl gösteriliyor?

(Ö5): (Şekil 52'yi çiziyor ve bir yandan anlatıyor)... böyle bir klor altı sodyuma, bir sodyum da altı klora bağ yapacak şekilde dizilmişlerdir.

(A): Burada çizdiğin çizgiler bağ değil mi, atomlar arasındakiler?

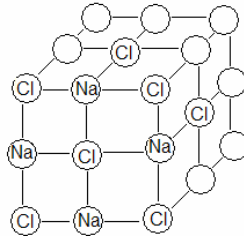
(Ö5): Evet.

(A): Hangisi iyonik bağ bunların?

(Ö5): Hepsi de. Hepsi de çeker birbirini eksi ve artı oldukları için.

(A): Peki iyonik bağ sadece bir klora bir sodyum arasında değil mi?

(Ö5): Hayır. Hepsi de iyonik bağdır.



Şekil 52. Beşinci öğrencinin sofran tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim

(A): Sofra tuzunun yapısını açıklayabilir misin?

(Ö16): Nasıl yani?

(A): Neyse şöyle sorayım. Sofra tuzu moleküler bir yapıya mı sahiptir?

(Ö16): Bilmiyorum. Neyi sorduğunuzu tam anlamadım.

(A): Sen az önce suyun molekül şeklini çizdin değil mi?

(Ö16): Evet.

(A): Su molekülünün şeklini çiz dedim ve sen o şekli çizdin değil mi?

(Ö16): Evet.

(A): Su molekülünde kaç atom var?

(Ö16): Üç tane. İki hidrojen bir oksijen.

(A): Benim sormak istediğim de şu; sofran tuzunda da böyle moleküler bir yapı var mı? Sofra tuzu da bir sodyum ve bir klordan mı oluşuyor. Yoksa farklı bir yapıya mı sahip?

(Ö16): Hmm. Anladım sormak istediğinizi. Tuzda altı bağ yapıyordu sodyum ve klorlar. Bu nedenle Na_6Cl_6 'dır aslında normalde. Ama biz kolaylık olsun diye NaCl diyoruz.

(A): Peki sofran tuzunun yapısını anlatma için bir şekil çizebilir misin?

(Ö16): Örgü yapısını mı?

(A): Bilmiyorum. Sen sofran tuzunun yapısı nasılsa onu çiz? Ben bilmiyorum.

(Ö16): Şöyle yapmıştık... (Şekil 53'ü çizdi). Burada bir klor atomu altı sodyum atomuna bağlıydı. Bir sodyum atomu da altı klora bağlıydı. Bu bir örgü şeklinde gidiyor. Hepsi de birbirine bağlı.

(A): Nasıl bağlı bunlar. Ne bağı var aralarında?

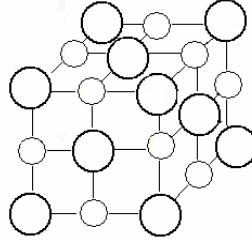
(Ö16): İyonik bağ?

(A): Hepsinin de arasında mı?

(Ö16): Evet.

(A): Nasıl oluyor.

(Ö16): Sodyumlar artı yüklü... klorlarda eksi yüklü. Zıt yüklü oldukları için kendilerine komşu olan bütün atomları, daha doğrusu iyonları, çekiyorlar.



Şekil 53. On altıncı öğrencinin sofr tuzunun yapısını açıklarken yaptığı çizim

3. 6. 2. Kavramsal Değişimle İlgili Bulgular

3.6.2.1. Kavramsal Değişimin En Düşük Düzeyde Gerçekleştiği Öğrencilerin Uygulama Öncesinde, Uygulamanın Hemen Sonrasında ve Uygulamadan Uzun Süre Sonrasındaki Kavramsal Durumları ve Gerçekleşen Kavramsal Değişimleri

Uygulamanın sonrasında yapılan son teste verdikleri cevaplar ile uygulama öncesindeki başlangıç durumları dikkate alınarak kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği belirlenen altıncı ve onuncu öğrencilerin (Ö6 ve Ö10) ön, son ve gecikmiş testlerde verdikleri cevaplar Tablo 46 ve Tablo 47’de verilmiştir. Bu öğrencilerin mülakatlarda verdikleri cevaplar ise bir önceki bölümde (Bölüm 3. 7. 2.) sunulmuştur. Altıncı ve onuncu öğrencilerin (Ö6 ve Ö10) kimyasal bağlar konusundaki kavramlarla ilgili kavramsal değişimi hangi düzeylerde gerçekleştirdiklerini ortaya koymak amacıyla, bu öğrencilerin ön, son ve gecikmiş testlerde verdikleri cevaplar ve mülakatlarda verdikleri açıklamalar bir araya getirilmiş ve çalışmadaki tüm veri toplama araçlarından elde edilen ve onlara ait veriler kavramsal değişimi ortaya koymak amacıyla bu bölümde toplu olarak sunulmuştur. Hem testlerde hem de mülakatlarda altıncı ve onuncu öğrencilerin (Ö6 ve Ö10) verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların çalışmanın her bir aşamadaki kavramsal durumu özet olarak sırasıyla Tablo 46 ve Tablo 47’de gösterilmiştir.

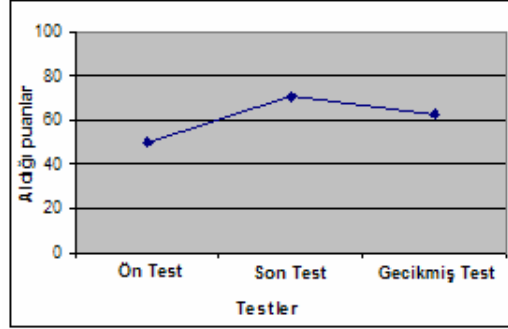
Tablo 46. Çalışmada kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu

| Kavram Yanılgıları | Ön Test | Son Test | Mülakat | Gecikmiş Test |
|---|---------|----------|---------|---------------|
| Kovalent bağ, iki metal arasında gerçekleşir | - | - | - | + |
| Kovalent bağ, metaller ile ametaller arasında gerçekleşir | + | + | + | - |
| İyonik bağ, ametaller arasında gerçekleşir | + | + | + | - |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı vardır | + | - | + | + |
| Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında metalik bağ oluşur | + | - | + | + |
| Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı, içerisinde buldukları kabın şekline göre değişir | + | + | + | + |
| Metalik bağ, metal atomları arasında elektron alış verişi şeklinde oluşur | + | - | + | - |
| Bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından (iyonik) bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir | + | + | + | + |
| Dipol-dipol etkileşimleri; He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soygaz atomlarının bir anlık simetrierinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan zayıf moleküller arası kuvvetlerdir | + | - | - | - |
| Hidrojen bağları iyonik ve kovalent bağlarda dahil olmak üzere tüm kuvvetlerden daha güçlüdürler | + | + | + | + |
| Van der Waals bağlarının kuvveti molekülün büyüklüğüne bağlı ancak molekülün şekline bağlı değildir | + | - | 0 | + |
| AN'si 17 olan Z atomları kendi aralarında metalik bağlanma yaparak Z ₂ moleküllerini oluşturur | - | + | - | + |
| Grafit elektriği iletir. Çünkü grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bunlar elektriği iletirler | + | + | ± | + |

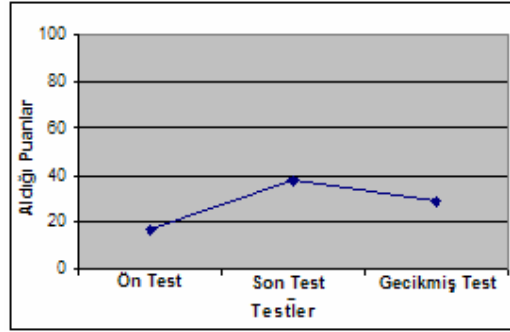
Tablo 47. Çalışmada kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği onuncu öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu

| Kavram Yanılgıları | Ön Test | Son Test | Mülakat | Gecikmiş Test |
|--|---------|----------|---------|---------------|
| Kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun protonları oynar | + | + | - | + |
| Kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar bir atomdan diğerine verilir | - | - | + | + |
| Kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar iki atom arasında bölünür | + | + | - | - |
| İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır | - | - | - | + |
| İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar tamamen kaybolur | + | + | - | - |
| Kovalent bağ, metaller ile ametaller arasında gerçekleşir | + | - | + | + |
| İyonik bağ, ametaller arasında gerçekleşir | + | - | + | + |
| Polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır | + | + | + | - |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında iyonik bağ vardır | - | - | + | + |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı vardır | + | + | + | - |
| Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında kovalent bağ oluşur | + | + | + | + |
| Kimyasal bağlar; atomlardan biri elektron kaybedip diğeri kazandığında yada elektronlar bağ yapan atomlar arasında bölündüğünde oluşur | + | - | - | + |
| AN'si 15 olan G atomunun ve AN'si 19 olan Y atomunun oluşturdukları GY_3 molekülü düzlem üçgen biçimindedir | + | + | 0 | + |
| H_2O , HF , HCl , HI ve CH_4 moleküllerinden kaynama noktası en yüksek olan HI 'dir | + | + | 0 | + |
| Bir madde hal değiştirirken moleküller içerisindeki kovalent bağlar kırılır | + | + | 0 | + |
| Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı, içerisinde buldukları kabın şekline göre değişir | + | + | + | + |
| Metalik bağ, metal atomları arasında elektron alış veriş şeklinde oluşur | + | - | - | - |
| Bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından (iyonik) bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir | + | + | + | + |
| Dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır | + | + | + | + |
| Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür | + | + | + | - |
| Van der Waals bağlarının kuvveti molekülün büyüklüğüne bağlı ancak molekülün şekline bağlı değildir | + | + | + | + |
| AN'si 17 olan Z atomları kendi aralarında metalik bağ yaparak Z_2 moleküllerini oluşturur | + | - | - | - |
| Grafitte karbon atomları birbirine sıkı bağlanmadığından atomlardan bazıları bağ yapmazlar ve molekül içerisinde serbest hareket ederler. Bu nedenle grafit elektriği iletir | + | + | + | + |

Çalışmanın örneklemindeki altıncı ve onuncu öğrencilerin (Ö6 ve Ö10) ön, son ve gecikmiş testlerden aldıkları puanlar grafiksel olarak sırasıyla Şekil 54 ve Şekil 55’de gösterilmiştir.



Şekil 54. Çalışmada kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği altıncı öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi



Şekil 55. Çalışmada kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği onuncu öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi

Şekil 54’de görüldüğü gibi altıncı öğrenci (Ö6) ön testten 50 puan alırken, çalışma kapsamında yapılan öğretim sonrasında notunu 71’e çıkarmıştır. 6. öğrenci, son test sonrası yapılan gecikmiş testte başarısını biraz düşürmüştü, ancak yine de ön testteki notundan daha yüksek bir not (63 puan) almıştır. Şekil 55’e bakıldığında ise onuncu öğrencinin (Ö10) ön testten 17 puan aldığı, ancak son testte puanınının 38’e çıktığı görülmektedir. Bu öğrenci de, son testten yaklaşık dört ay sonra yapılan gecikmiş testte başarısını biraz düşürmüştü, ancak yine de ön testteki notundan daha yüksek bir not (29 puan) almıştır. Genel olarak baktığımızda her iki öğrenci de, öğretim öncesindeki başarılarını araştırma kapsamında yapılan öğretim sonrasında artırmıştır. Bu durum öğrencilerin son ve gecikmiş testlerdeki

başarısını, ön testteki başarısı ile kıyasladığımızda kolaylıkla görülebilmektedir. Şekil 54 ve Şekil 55’de görüldüğü gibi her iki öğrencinin de son ve gecikmiş testlerdeki başarısı ön teste oranla daha fazladır. Son testten alınan puanlar ile gecikmiş testten alınan puanlar karşılaştırıldığında ise, uygulamanın sonrasında en üst seviyeye ulaşan her iki öğrencinin başarısının da gecikmiş testte devam etmediği ve gerilediği görülmektedir. Buna göre, uygulamanın hemen sonrasında tespit edilen öğrenci başarısının kalıcı olmadığı görülmektedir.

Tablo 46 ve Tablo 47’de verildiği gibi, her iki öğrencinin öğretim öncesinde kavramlarla ilgili çok sayıda anlama gücü ve kavram yanılığı bulunmaktadır. Bu öğrenciler öğretim sonrasında bunların bir kısmını gidermişlerdir. Ancak bazı yanılıklarını öğretim sonrasında bile devam ettirdikleri görülmüştür.

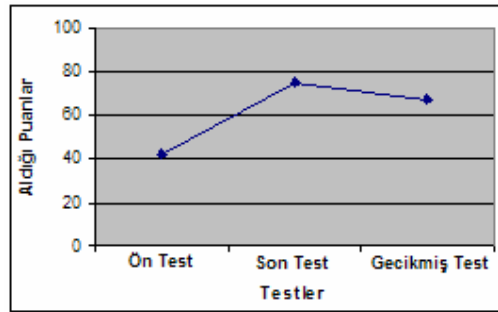
3.6.2.2. Kavramsal Değişimin Orta Düzeyde Gerçekleştiği Öğrencilerin Uygulama Öncesinde, Uygulamanın Hemen Sonrasında ve Uygulamanın Tamamlanmasından Uzun Süre Sonrasındaki Kavramsal Durumları ve Gerçekleşen Kavramsal Değişimleri

Uygulamanın sonrasında yapılan son teste verdikleri cevaplar ile uygulama öncesindeki başlangıç durumları dikkate alınarak kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği belirlenen birinci ve dördüncü öğrencilerin (Ö1 ve Ö4) ön, son ve gecikmiş testlerde verdikleri cevaplar Tablo 48 ve Tablo 49’da verilmiştir. Bu öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki kavramlarla ilgili kavramsal değişimi hangi düzeylerde gerçekleştirdiklerini belirlemek amacıyla; uygulanan ön, son ve gecikmiş testlerden ve konudaki her bir kavrama yönelik mülakat çalışmalarından elde edilen bulgular ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir. Hem testlerde hem de mülakatlarda birinci ve dördüncü öğrencilerin (Ö1 ve Ö4) öğrencilerin verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların her bir aşamadaki kavramsal durumu özet olarak Tablo 48 ve Tablo 49’da gösterilmiştir.

Tablo 48. Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu

| Kavram Yanılgıları | Ön Test | Son Test | Mülakat | Gecikmiş Test |
|--|---------|----------|---------|---------------|
| Kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun protonları oynar | + | - | - | - |
| Polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır | + | + | + | + |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında apolar kovalent bağ vardır | - | + | + | - |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı vardır | + | - | - | + |
| Kimyasal bağlar; atomlardan biri elektron kaybedip diğeri kazandığında yada elektronlar bağ yapan atomlar arasında birbiriyle bütünleştiklerinde oluşur | + | + | + | - |
| AN'si 15 olan G atomunun ve AN'si 19 olan Y atomunun oluşturdukları GY_3 molekülü düzlem üçgen biçimindedir | + | - | 0 | - |
| H_2O , HF , HCl , HI ve CH_4 moleküllerinden kaynama noktası en düşük olan HF 'dir | + | - | 0 | + |
| HF molekülünde hidrojen ve flor bir kovalent bağ oluşturdukları için elektron çifti merkezde yerleşir | + | - | + | + |
| Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı sıcaklıkla değişir | + | + | - | + |
| Metalik bağ, metal atomları arasında elektron alış veriş şeklinde oluşur | + | - | - | - |
| Bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından (iyonik) bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir | + | + | + | + |
| Kovalent bağlar, iyonik bağlardan daha güçlüdür | + | + | + | + |
| Grafit elektriği iletir çünkü birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakalarına sahiptir | + | - | + | + |

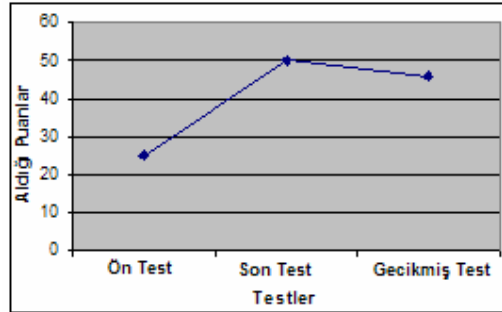
Çalışmanın örneklemindeki birinci ve dördüncü öğrencilerin (Ö1 ve Ö4) ön, son ve gecikmiş testlerden aldıkları puanlar grafiksel olarak sırasıyla Şekil 56 ve Şekil 57'de gösterilmiştir.



Şekil 56. Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği birinci öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi

Tablo 49. Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği dördüncü öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu

| Kavram Yanılgıları | Ön Test | Son Test | Mülakat | Gecikmiş Test |
|--|---------|----------|---------|---------------|
| İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır | + | - | - | - |
| Polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır | + | - | - | - |
| Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında kovalent bağ oluşur | + | - | - | - |
| Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında hidrojen bağı oluşur | - | - | - | + |
| AN'si 15 olan G atomunun ve AN'si 19 olan Y atomunun oluşturdukları GY ₃ molekülü düzlem üçgen biçimindedir | + | - | 0 | + |
| H ₂ O, HF, HCl, HI ve CH ₄ moleküllerinden kaynama noktası en yüksek olan HI'dır | + | + | 0 | + |
| HF molekülünde bağlanmaya katılmayan elektronlar bağ yapan yada paylaşılan elektronların pozisyonunu etkiler | + | - | - | - |
| Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı, içerisinde buldukları kabın şekline göre değişir | + | - | - | + |
| Metalik bağ, metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde oluşur | + | + | + | + |
| Yan yana bulunan çok sayıdaki Na ve Cl atomlarını düşünüldüğünde, hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığını bilmediğimiz sürece iyonik bağın yerini belirlemek imkansızdır | + | - | - | - |
| Dipol-dipol etkileşimleri; He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soygaz atomlarının bir anlık simetrilerinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan zayıf moleküller arası kuvvetlerdir | + | + | - | - |
| Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür | + | + | + | + |
| Van der Waals bağları; H ₂ , O ₂ , Cl ₂ gibi apolar moleküllerde, atomlar arasındaki bağlardır | + | - | - | - |
| Grafit elektriği iletir. Çünkü grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bunlar elektriği iletirler | + | - | 0 | + |



Şekil 57. Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği dördüncü öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi

Şekil 56'da görüldüğü gibi birinci öğrenci (Ö1) ön testten 42 puan alırken, çalışma kapsamında yapılan öğretim sonrasında notunu 75'e çıkarmıştır. 1. öğrenci, son test sonrası yapılan gecikmiş testte başarısını biraz düşürmüştü, ancak yine de ön testteki notundan daha yüksek bir not (67 puan) almıştır. Şekil 57'ye bakıldığında ise dördüncü öğrencinin (Ö4) ön testten 25 puan aldığı, ancak son testte puanının 50'ye çıktığı görülmektedir. Bu öğrenci de, son testten yaklaşık dört ay sonra yapılan gecikmiş testte başarısını biraz düşürmüştü, ancak yine de son test notuna yakın bir not (46 puan) almıştır. Genel olarak baktığımızda her iki öğrenci de, öğretim öncesindeki başarılarını araştırma kapsamında yapılan öğretim sonrasında artırmıştır. Bu durum öğrencilerin son ve gecikmiş testlerdeki başarısını, ön testteki başarısı ile kıyasladığımızda kolaylıkla görülebilmektedir. Şekil 56 ve Şekil 57'de görüldüğü gibi her iki öğrencinin de son ve gecikmiş testlerdeki başarısı ön teste oranla daha fazladır. Son testten alınan puanlar ile gecikmiş testten alınan puanlar karşılaştırıldığında ise, uygulamanın sonrasında en üst seviyeye ulaşan her iki öğrencinin başarısının da gecikmiş testte devam etmediği ve biraz gerilediği görülmektedir. Buna göre, uygulamanın hemen sonrasında tespit edilen öğrenci başarısının kalıcı olmadığı görülebilmektedir.

Tablo 48 ve Tablo 49'da verildiği gibi, her iki öğrencinin öğretim öncesinde kavramlarla ilgili çok sayıda anlama gücü ve kavram yanılgısı bulunmaktadır. Bu öğrenciler öğretim sonrasında bunların bir kısmını gidermişlerdir. Ancak bazı yanılgılarını öğretim sonrasında bile devam ettirdikleri görülmüştür.

3.6.2.3. Kavramsal Değişimin En Yüksek Düzeyde Gerçekleştiği Öğrencilerin Uygulama Öncesinde, Uygulamanın Hemen Sonrasında ve Uygulamanın Tamamlanmasından Uzun Süre Sonrasındaki Kavramsal Durumları ve Gerçekleşen Kavramsal Değişimleri

Uygulamanın sonrasında yapılan son teste verdikleri cevaplar ile uygulama öncesindeki başlangıç durumları dikkate alınarak kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği belirlenen beşinci ve on altıncı öğrencilerin (Ö5 ve Ö16) ön, son ve gecikmiş testlerde verdikleri cevaplar Tablo 50 ve Tablo 51'de verilmiştir. Bu öğrencilerin mülakatlarda verdikleri cevaplar ise bir önceki bölümde (Bölüm 3. 7. 2.) sunulmuştur. Beşinci ve on altıncı öğrencilerin (Ö5 ve Ö16) kimyasal bağlar konusundaki kavramlarla

ilgili kavramsal değişimi hangi d zelerde gerçekleştirdiklerini ortaya koymak amacıyla, bu öğrencilerin  n, son ve gecikmiş testlerde verdikleri cevaplar ve mülakatlarda verdikleri açıklamalar bir araya getirilmiş ve çalışmadaki tüm veri toplama araçlarından elde edilen ve onlara ait veriler kavramsal değişimi ortaya koymak amacıyla bu bölümde toplu olarak sunulmuştur. Hem testlerde hem de mülakatlarda beşinci ve on altıncı öğrencilerin ( 5 ve  16) verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların çalışmanın her bir aşamadaki kavramsal durumu  zet olarak sırasıyla Tablo 50 ve Tablo 51'de gösterilmiştir.

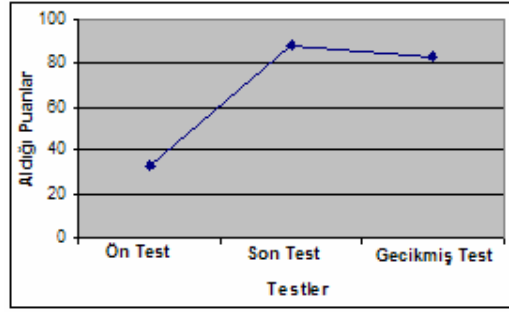
Tablo 50. Çalışmada kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılığları ve kavramsal durumu

| Kavram Yanılığları |  n Test | Son Test | Mülakat | Gecikmiş Test |
|---|---------|----------|---------|---------------|
| İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır | + | - | - | - |
| Polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır | + | - | - | - |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında iyonik bağ vardır | + | - | - | - |
| Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında metalik bağ oluşur | + | - | - | - |
| Kimyasal bağlar; atomlardan biri elektron kaybedip diğeri kazandığında yada elektronlar bağ yapan atomlar arasında birbirleriyle bütünleştiklerinde oluşur | + | - | - | - |
| AN'si 15 olan G atomunun ve AN'si 19 olan Y atomunun oluşturdukları GY ₃ molekülü düzlem üçgen biçimindedir | + | - | 0 | + |
| H ₂ O, HF, HCl, HI ve CH ₄ moleküllerinden kaynama noktası en yüksek olan HI'dır | + | - | 0 | - |
| Bir madde hal değiştirirken moleküller içerisindeki kovalent bağlar kırılır | + | + | 0 | - |
| Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı, içerisinde buldukları kabın şeğine göre değişir | + | - | - | - |
| Yan yana bulunan çok sayıdaki Na ve Cl atomlarını d ş n ld ğinde, hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığını bilmediğimiz sürece iyonik bağın yerini belirlemek imkansızdır | + | - | - | - |
| Dipol-dipol etkileşimleri; He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soygaz atomlarının bir anlık simetrierinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan zayıf moleküller arası kuvvetlerdir | + | + | + | + |
| Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür | + | - | 0 | - |
| Van der Waals bağlarının kuvveti molekülün b y kl ğine bağlı ancak molekülün şeğine bağlı değildir | + | + | + | - |

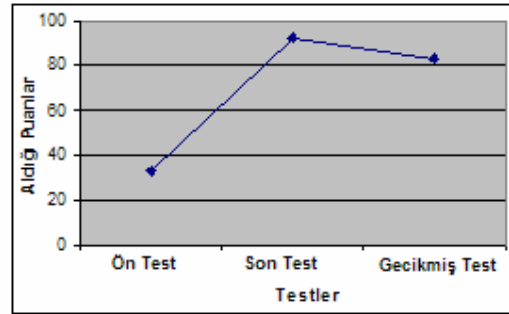
Tablo 51. Çalışmada kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği on altıncı öğrencinin testlerde ve mülakatta ortaya çıkan yanılgıları ve kavramsal durumu

| Kavram Yanılgıları | Ön Test | Son Test | Mülakat | Gecikmiş Test |
|--|---------|----------|---------|---------------|
| İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır | + | - | - | - |
| Kovalent bağ, iki metal arasında gerçekleşir | + | - | - | + |
| İyonik bağ, ametaller arasında gerçekleşir | + | - | - | + |
| Polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır | + | - | - | - |
| Bir su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı vardır | + | - | - | - |
| Atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında kovalent bağ oluşur | + | - | - | - |
| HF molekülünde flor hidrojen atomundan daha büyük olduğu için bağ elektronları üzerinde daha güçlü bir etkiye sahiptir | + | - | 0 | - |
| Oktet kuralı; bir atomun yapabileceği bağ sayısının en dış kabuğundaki elektron sayısı ile eşit olması gerektiğini ifade eder | + | - | - | - |
| Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı, içerisinde buldukları kabın şekline göre değişir | + | - | - | - |
| Metalik bağ, metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde oluşur | + | - | - | - |
| Bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından (iyonik) bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir | + | - | - | - |
| Dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır | + | - | 0 | - |
| Kovalent bağlar, iyonik bağlardan daha güçlüdür | + | - | 0 | - |
| Van der Waals bağları yalnızca He, Ar, Ne gibi soygaz atomları arasında bulunur | + | + | + | + |
| AN'si 12 olan X atomunun ve AN'si 16 olan Y atomunun oluşturdukları XY molekülünde, atomlar arasında apolar kovalent bağ vardır | + | + | 0 | + |
| Grafit elektriği iletir çünkü birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakalarına sahiptir | + | - | - | - |

Çalışmanın örneklemindeki beşinci ve on altıncı (Ö5 ve Ö16) öğrencilerin ön, son ve gecikmiş testlerden aldıkları puanlar grafiksel olarak sırasıyla Şekil 58 ve Şekil 59'da gösterilmiştir.



Şekil 58. Çalışmada kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği beşinci öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi



Şekil 59. Çalışmada kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği on altıncı öğrencinin ön, son ve gecikmiş testlerden aldığı notların karşılaştırmalı olarak gösterimi

Şekil 58’de görüldüğü gibi beşinci öğrenci (Ö5) ön testten 33 puan alırken, çalışma kapsamında yapılan öğretim sonrasında notunu 88’e çıkarmıştır. 1. öğrenci, son test sonrası yapılan gecikmiş testte başarısını biraz düşürmüştü, ancak yine de son test notuna çok yakın bir not (83 puan) almıştır. Şekil 59’a bakıldığında ise on altıncı öğrencinin (Ö16) de ön testten 33 puan aldığı, ancak son testte puanının 92’ye çıktığı görülmektedir. Bu öğrenci de, son testten yaklaşık dört ay sonra yapılan gecikmiş testte başarısını biraz düşürmüştü, ancak yine de ön test notundan çok daha yüksek bir not (83 puan) almıştır. Genel olarak baktığımızda her iki öğrenci de, öğretim öncesindeki başarılarını araştırma kapsamında yapılan öğretim sonrasında artırmışlardır. Bu durum; öğrencilerin son ve gecikmiş testlerdeki başarısını, ön testteki başarısı ile kıyasladığımızda kolaylıkla görülebilmektedir. Şekil 58 ve Şekil 59’da görüldüğü gibi her iki öğrenci de son ve gecikmiş testlerde başarılarını ön testteki puanlarına kıyasla, iki kattan daha fazla bir oranda artırmışlardır.

Son testten alınan puanlar ile gecikmiş testten alınan puanlar karşılaştırıldığında ise, uygulamanın sonrasında en üst seviyeye ulaşan her iki öğrencinin başarısının da gecikmiş testte devam etmediği, ancak çok az miktarda gerilediği görülmektedir. Buna göre, uygulamanın hemen sonrasında tespit edilen öğrenci başarısının kalıcı olmadığı görülebilmektedir.

Tablo 50 ve Tablo 51’de verildiği gibi, her iki öğrencinin öğretim öncesinde kavramlarla ilgili çok sayıda anlama güçlüğü ve kavram yanılgısı bulunmaktadır. Bu öğrenciler öğretim sonrasında bunların büyük bir kısmını gidermişlerdir. Ancak bazı yanılgılarını öğretim sonrasında bile devam ettirdikleri görülmüştür.

3.7. Öğretim Süreci ve Materyallerle İlgili Öğretmen ve Öğrenci Görüşleri

Öğretim süreci ve materyallerin etkili olan ya da eksik olan yönlerini belirlemek amacıyla uygulama öğretmeninin ve öğrencilerin görüşleri alınmıştır. Uygulama öğretmeninin görüşleri uygulamaların yürütüldüğü her haftanın son dersinden sonra yapılan mülakatlarla belirlenmiştir. Uygulamalar üç hafta sürdüğünden dolayı, öğretim süreci ve materyaller hakkında uygulama öğretmeniyle üç defa görüşülmüştür. Öğretim süreci ve materyalleriyle ilgili öğrenci görüşleri ise kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerin konudaki kavramlarla ilgili anlamalarını araştıran mülakatın devamında onlara yöneltilen sorularla ortaya konulmaya çalışılmıştır. Uygulama öğretmeninin ve öğrencilerin öğretim süreci ve materyallere ilişkin görüşleri aşağıda doğrudan alıntı yapılarak sunulmaktadır. Mülakat verilerinden elde edilen bulgular verilirken bazı kısaltmalar kullanılmıştır. Bu kısaltmaların açılımı şöyledir: **A:** Araştırmacı, **UÖ:** Uygulama Öğretmeni, **Ö:** Öğrenci.

3.7.1. Öğretim Süreci ve Materyallerle İlgili Uygulama Öğretmeninin Görüşleri

İlk Haftanın Sonunda Yapılan Mülakat:

(A): Hocam, bu haftaki uygulamaları genel olarak düşündüğünüzde, hem süreç hem de materyaller hakkında neler söyleyebilirsiniz? Genel bir değerlendirme yapar mısınız?

(UÖ): Tabi ki. Bence gerçekten çok güzel hazırlamışsınız materyalleri. Çok iyi düşünülmüş ve hazırlanmış. Kendiniz bir sürü araştırmışsınız, gelip bize sordunuz nasıl yapabiliriz, olmuş mu diye. Çok emek var belli yani. Her şeyi düşünmüşsünüz; öğrencilerin nerelerde hataları var, bu hatalara düşmemeleri için ne yapılabilir, eğer düşmüşlerse nasıl bu hatalarını düzeltebiliriz... Hatta bu hatalarının nedenleri neler olabilir bile araştırdınız. Diğer öğretmen arkadaşlarla, buradaki hocalarımızla görüştünüz... Ne diyeyim, her şey iyi düşünülmüş, materyaller gayet güzel. Tebrik ederim sizi gerçekten.

(A): Sağ olun hocam, teşekkürler... Peki daha spesifik olarak konuşursak, materyallerde yada bir bütün olarak öğretim sürecinde o güzel dediğiniz yerlere, yani materyalin etkili olduğu yerlere örnekler verebilir misiniz?

(UÖ): Mesela ilk tartıştığımız konu vardı ya öğrencilerle, bağ denen şey nasıl bir şey diye. Ben hiç tahmin etmiyordum öğrencilerin bu kadar ilginç fikirlere sahip olduklarını. Çok güzeldi mesela o. Acaba sevgi midir, istek midir yani? Yoksa orbitaller mi birbirine kenetlenmiştir? Elektronlar mı birbirini çekiyor falan diye. Ben bu konuyu iki tane lise 1 sınıfında daha anlatıyorum ama hiç böyle bir şeyi sorgulamamıştım. Yani biz anlatıyoruz ama onların anlattığını düşünüyoruz. Acaba ben anlattığım halde onlar da hala böyle düşünüyor mu diye merak ettim gerçekten. Tabi bu konu soyut bir konu olduğu için demek ki zihinlerinde tam olarak canlandıramıyorlar. Hala eksikleri var demek ki. Daha fazla üzerinde durmak lazım belki. Sorular sormak lazım onlara daha detaylı ama fırsat yok işte.

(A): Anladım hocam. Bu söyledikleriniz genellikle kavramsal değişim metinleri ve oradaki tartışmalarla ilgiliydi. Onları beğendiniz galiba? Peki bilgisayar destekli materyal?

(UÖ): O da çok güzel. Hayır, ben örnek verdim sadece. Yani bu örneklerden biriydi. Tabi ki o da çok güzel. O da öğrencilerin zihinlerinde canlandırmakta zorlandıkları şeyleri onlara gösteriyor. Oradaki hareketli resimleri falan çok iyi hazırlamışsınız.

(A): Animasyonları?

(UÖ): Evet. Normalde bizde anlatıyoruz bağlanmayı, iyonığı, kovalenti ama, çocuk burada onu görme fırsatı da buluyor. Bak böyle oluyormuş demek ki diye görüyor yani. Söylediklerimiz havada kalmıyor. Somut bir şekilde öğrenciye sunmuş oluyoruz, işte böyle oluyor bağlanma diye. Güzel yani bence. Bence kimyasal bağlar konusu bilgisayar destekli öğretilmesi lazım zaten. Bu kadar soyut bir konuyu düz anlatımla anlatıyoruz biz ama, birazda şartlardan bizimkisi. Ben bilgisayarı çok iyi bilmiyorum. Sizin imkanlarınız daha fazla. Bilgisayar biliyorsunuz, materyaller hazırlıyorsunuz, gençsiniz, uğraşıyorsunuz yani.

(A): Sizce öğrenme açısından nasıl faydalıdır bu materyaller. Yani öğrencilerin öğrenmesine ne gibi katkı sağlarlar?

(UÖ): Çok katkısı vardır elbet. Bir kere öğrenci daha kolay öğrenir. Daha çabuk anlar. Görüyor zaten her şeyi. Yani açıklamak daha kolay öğrenciye gördüğü bir şeyi. Görsel açıdan bir üstünlük var. Öğrenmede de görsellik önemli tabi. Bizim açıklamak için o kadar uğraştığımız bir şeyi, animasyonlar sayesinde öğrenci kolaylıkla anlayabiliyor. Birde kolay kolay unutmaz onu artık gördüğü için. Yani akılda da kalır, ilgisini çekiyor çünkü çocuğun. Merak ediyor nasıl oluyor diye. Öbür türlü öğretmen anlatıyor, öğrenci dinliyor. Bu tür görsel materyaller öğrencide merak uyandırır, ilgisini çeker. Bizim buradaki kimya laboratuvarını gördünüz. Bir periyodik cetvelimiz bile yok.

(A): Peki kavramsal değişim metinleri öğrenme açısından nasıl bir fayda sağladı? Yada sağladı mı?

(UÖ): Onlar da çok önemliydi tabi öğrenme açısından. Öğrencilerde bir sürü hatalı fikir (kavram yanlışını kastediyor) var, gördük birlikte test sonuçlarından (ön test sonuçlarından bahsediyor). Öğrenciler bunların farkında değillerdi uygulama öncesinde. Bende farkında değildim işin aslı. O metinler sayesinde hatalarının farkına vardılar. Sadece bilgisayar destekli materyal olsaydı belki yine öğrenirlerdi ama, kavramsal değişim metinleri bunu iyice perçinledi. Bilgisayar materyalinden güzel bir şekilde konuyu görsel olarak öğreniyorlardı. Ama o esnada var olan hatalarını da (yanılgılarını kastediyor) dağıttığımız metinlerle, sınıfta yaptığımız tartışmalarla düzelttik. Yani kaçış yoktu, mutlaka öğrenmek, hem de doğrusunu öğrenmek, doğru bir şekilde öğrenmek zorundaydılar.

(A): Anladım. Tartışmalar ne sağladı öğretime sizce?

(UÖ): Tartışmalar, onların hatalı fikirlerinin (yanılgıları kastediyor) farkına varmalarını sağladı. Onları tartışarak fikirlerinin yanlış olduğuna inandırdık. İnsanları ikna etmek zordur. Tartışarak, doğrusunu açıkladık onlara. Sadece bu yanlıştır, şöyle yapın desek, neden yanlış olduğunu bilmeyeceklerdi. Onları da inandırmazdık büyük ihtimal.

(A): Peki hep olumlu bahsettik, var mıydı olumsuz yönleri ya da nelerdi sizce olumsuz tarafları? Materyallerin yada genel olarak öğretim sürecinin?

(UÖ): Olumsuz yönü... herkesin bir bilgisayarı olsa daha iyi olurdu tabi. Sizde varsınız, birlikte giriyorsunuz derslere, görüyorsunuzdur. Biz iki kişi bir bilgisayarın başına oturtuyoruz öğrencileri ama. Çoğunlukla biri ilgileniyor öğrencilerin. Diğeri biraz daha pasif kalabiliyor.

(A): Evet. Gerçi herkesin görmesi için birde büyük ekrana yansıtıyoruz ama doğru.

(UÖ): Evet ama işte. Yinede herkesin bir tane bilgisayarı olsa, bizi oradan takip etse daha güzel olur. Bazen takip edemiyorlar. Ayrıca öğrencilerin kendilerinin uğraşması lazım o animasyonlarla. İzlemekten ziyade bizzat kendileri tekrar tekrar uğraşsalar onlarla daha iyi olur.

(A): Doğru hocam. Başka?

(UÖ): Başka... işte herkessin bir bilgisayarı olmadığı için öğrencilerin bazıları dersle fazla ilgilenmiyorlar, kopuyorlar bir yerden sonra, dolayısıyla gürültü oluyor sınıfta bazen. Ben normal derslere girdiğimde bu kadar olmuyordu. Tabi bunda bilgisayar laboratuvarında olmamızın da etkisi var. Sınıf bilgisayarlarla dolu olduğu için sıkışık, herkesi kontrol edemiyorsun. Birde şimdi aklıma geldi, bazı öğrenciler ben orda ders anlatırken, bilgisayardan internete falan giriyorlar, oyun oynuyorlar. Fark ettim birkaç tanesini, uyardım hemen.

(A): Fark ettim hocam onu bende, evet.

(UÖ): İşte bilgisayar laboratuvarında biraz disiplin problemi oluyor. Öğrencilerin nereye girdiğini kontrol etmek zor. Çok da akıllılar. Öğrenci monitörü benim göremeyeceğim şekilde ayarlamış. Birde baktım ki meğer başka bir şeyle ilgileniyor orada.

(A): Doğru hocam. Başka var mı eksik gördüğünüz bir şey?

(UÖ): Yok. Aklıma gelenler bunlar.

(A): Tamam hocam, haftaya yine konuşacağız zaten. O zaman da benzer şeyleri soracağım size. Eksik gördüğünüz yada etkili olduğunu düşündüğünüz yerler var mı diye süreçle ilgili.

(UÖ): Tamam.

İkinci Haftanın Sonunda Yapılan Mülakat:

(A): Hocam, uygulamanın ikinci haftasındayız. Geçen hafta olduğu gibi bu haftaki uygulamaları da değerlendirir misiniz, süreci ve materyalleri dikkate alarak neler söyleyebilirsiniz?

(UÖ): Bu hafta da aynı aslında benim söyleyeceklerim. Çalışma başarılı gidiyor gayet bence. Bakalım sonuçları ne olacak. Bu arada bu uygulamalarda yaptıklarımızı ben diğer sınıflarda da bakıyorum, onlarda da aynı hatalar var mı diye.

(A): Nasıl durum hocam?

(UÖ): Aynı şeyler onlarda da var. Onlar da benzer şeyleri düşünüyorlar. Mesela sınıflardan birinde bağ nedir diye sordum öğrencilere. Onlarda da elektronların yapışması diyenler oldu. Dedim keşke o sınıfla da bilgisayar sınıfında ders işeseydik. Neyse bu sene böyle oldu ama, seneye sizin materyali kullanacağım, eğer lise 1 sınıflarına girersem yine.

(A): Tabi ki hocam, kullanabilirsiniz. Ben size materyalleri vereceğim. İsterseniz kullanırsınız. Keşke kullansanız. Sevindir ben. Kullanılsın diye yapıyoruz hocam zaten.

(UÖ): Yok, gerçekten güzel olmuş çalışma. Çok iyi hazırlamışsınız. Elbette kullanacağım, hoşuma gitti materyaller benim. İnsan işe yaradığını görünce niye kullanmasın. Kullanırım tabi ki.

(A): Peki hocam, özellikle bu haftaki iki dersi düşündüğümüzde neler söyleyebilirsiniz? Hem metinlerle hem de bilgisayar destekli materyalle ilgili. Spesifik bazı örnekler vererek. Öncelikle mesela, iyi olan yönlerinden bahsedebilirsiniz. Sonrada eksik yönlerinden bahsedebilirsiniz.

(UÖ): Bu hafta kovalent bağ ve metalik bağdan bahsettik. Moleküller arası kuvvetlerin bazılarını da verdik. Elektron ortaklaşması olarak bahsettiğimiz kovalent bağın aslında atomik boyutta nasıl gerçekleştiğini gösteren animasyon vardı. Bu öğrencilerin daha kolay anlamasını ve olayı zihinlerinde somutlaştırmalarını sağladı. Özellikle metalik bağ zor anlaşıyordu öğrenciler tarafından. Çünkü öğrencilere ayrıntılı açıklamak mümkün değildi metalik bağı. Ama bilgisayar materyalinde gayet kolay anlaşıyordu her şey. Açıklamak kolay oldu öğrencilere. Elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması olduğunu düşünen öğrenciler vardı, ama bağlanmanın mutlaka ya elektron alışverişi ya da elektron ortaklaşması şeklinde olmayacağını gösterdik. Nitekim animasyonlar, öğrenciye bağların nasıl gerçekleştiğini somut olarak görme fırsatı sağladılar. Ayrıca biz öğrencilere basitçe sınıflandırıyorduk işte; şu şu molekül içi bağdır, şunlar moleküller arası bağdır diye. Burada tam olarak görmüş oldular animasyonlardan molekül içi ve moleküller arası ne demek. Çünkü bazıları molekül ile atomu dahi ayırt edemiyorlar. Gayet güzeldi yine yani.

(A): Peki hocam metinler?

(UÖ): Metinler yine amacına ulaştılar. Öğrencilerin nerelerde bir sıkıntıları varsa, onlara hatalarını gösterdiler. Hataları olan öğrencilere nerede hataları olduğunu, nasıl düşünmeleri gerektiğini öğrettik. Yani varsa yanlış fikirler, düzelterek gittik ders boyunca. Bence gerçekten çalışmadaki en önemli materyallerden biri de bu metinler. Konuyu öğretmek için bilgisayar materyalini tek başına kullanmak yeterli belki ama, tamamen bütün fikirleri düzeltebilmek için metinler oldukça işe yarayacak bence.

(A): Bu son iki dersten örnek verebilir misiniz hocam? Daha spesifik.

(UÖ): Mesela metalik bağda. Öğrencilere metalik bağın nasıl gerçekleştiğini öğrettik ama yinede bazı öğrenciler anlamamış olabiliyordu. Onlar bağlanmanın elektron alışverişi yada ortak kullanmayla olduğunu düşündükleri için genellikle, metalik bağ anlamak onlara zor gelebilir. Elektron denizi açıklamasını anlamayabilirler. Ama metinler sayesinde onları yanlış fikirlerden haberdar ettik. “Bakın böyle değil, şu şu yüzden”, “şöyle olmaz, şu şu yüzden” diye. Yani yanlışları da gördüler. Böylece hata yapma ihtimalleri azaldı. Yani onları uyarmış olduk aslında. Tabi yine de hataya düşenler olacaktır mutlaka. Öğrencilerin hepsi derse aynı ölçüde kendini vermiyor çünkü. Dikkat etmeyen mutlaka olacaktır.

(A): Peki hocam, bu haftaki uygulamalar sırasında aksayan yönler nelerdi sizce?

(UÖ): Aslında materyalle ilgili eksik çok göremiyorum ben. Belki elektron nokta gösterimleriyle ilgili daha fazla soru çözebilirdi ama... yani belki daha fazla alıştırma olabilirdi. Bu çocuklar hep ÖSS (Öğrenci Seçme Sınavı) mantığıyla yetiştikleri için dersanelerde falan. Bu tür şeyler ilgilerini çekmiyor bazen. Soru çözmeye alışmışlar hep. O açıdan bakılırsa daha fazla alıştırmaya, soruya yer verilirse daha iyi olabilir.

(A): Hocam başka önerileriniz, eksiklikler var mı?

(UÖ): Bilmiyorum bence gayet güzel. Yanlış anlamayın, bu söylediğim öğrencilerin ilgisini daha çok çekmek açısından. Yani bu haliyle de güzel tabi ki. Ama eğitim sistemi düşünüldüğünde, yani mevcut durum düşünüldüğünde, test sorularının yer alması daha da iyi olabilir. Bilgisayar materyalinin en sonuna konulabilir test sorularından oluşan bir bölüm.

(A): Tabi ki eleştirmelisiniz hocam. Ben bu uygulamayı nasıl daha etkili yapabiliriz diye soruyorum size bu soruları. Siz eleştirileriniz varsa çekinmeyin. Eklemek istediğiniz bir şey varsa söyleyin, çekinmeyin o konuda?

(UÖ): Yok. Sadece bu olabilir. Test soruları eklenebilir, öğrencilerin daha fazla uygulama yapmaları açısından. Başka bir şey yok. Bence zaten gayet iyi düşünülmüş her şey.

(A): Teşekkürler.

Üçüncü Haftanın Sonunda Yapılan Mülakat:

(A): Hocam hep aynı şeyleri soruyorum ben ama. Son kez uygulamalar hakkında görüşlerinizi alabilir miyim?

(UÖ): Gayet güzeldi uygulamalar. Ben öğrencilerin konuyu hatalardan uzak ve iyi bir şekilde öğrendiğini düşünüyorum. Gerçi benim söylemem önemli değil, sonuçlar önemli belki ama. Göreceğiz. Bence gayet başarılıydı materyaller.

(A): Hocam sizin söyledikleriniz de önemli, materyallerin etkiliğini değerlendirmek için. Sizin beğenmediğiniz, sınıfta işlemeyen bir materyal ne kadar iyi hazırlanırsa hazırlansın etkili olmaz. Öğretim sürecini en iyi değerlendirebilecek kişi sizsiniz. Peki biraz açar mısınız söylediğinizi, niye başarılı dediniz materyal için?

(UÖ): Bence öğrencinin ilgisini çekiyor bilgisayar materyali. Onlara konuyu gayet açık bir biçimde sunuyor. Normalde ancak sözlü olarak duyabilecekleri olayları onlara görsel olarak sunuyor. Somutlaştırıyor yani soyut olayları.

(A): Anladım. Ne oluyor hocam peki böylece?

(UÖ): Öğrenci zevk alıyor dersten. Hem yeni bir materyal var, bilgisayarda işliyorlar dersi, bu onların ilgisini çekiyor. Hem de daha kolay öğreniyorlar. Tabi çocuk alabiliyorsa (kolay öğrenebiliyorsa demek istiyor) ilgisi de artar elbette. Bu da yine artı özelliği bu öğretimin. Mesela tartışmalar. Bence tartışmalarda ilgisini çekiyor öğrencilerin. Farkındaysanız çocuklar başlangıca göre daha çok derse katılıyorlar. Artık fikirlerini daha rahat söyleyebiliyorlar çekinmeden. Tartışıyorlar, sorular soruyorlar. Çok ilginç sorular çıkmaya başladı mesela. Ben daha önce bu sınıftan böyle sorular almıyordum hiç. Yani tartışma ortamı amacına ulaşıyor bence. Bizimde yapmaya çalıştığımız bu değil mi zaten.

(A): Tabi ki. Bu tartışma ortamı onlara ne gibi faydalar sağlıyor hocam?

(UÖ): *Olayları derinlemesine sorgulama fırsatı buldu öğrenciler belki de ilk defa. Biz onlarla bu kadar tartışmıyoruz normal derslerde. Tartışmaları unutmaz insan. Çünkü orda kendi fikirlerini savunuyor diğer fikirlere karşı. Yani sadece dinlemek gibi değil. Tartışma esasında öğrenilen bilgiler daha kalıcı olur. Öbür türlü dinler seni çocuk ama, az sonra unutulabilir. Kalıcı olmaz yani. Bu şekilde tartışmaları olayın her şeyini ayrıntılarıyla öğreniyorlar. Doğrusunu öğreniyorlar iyice.*

(A): *Anladım. Peki daha öncede sordum ama, o zaman soru sayısı artırılabilir, materyale bir test bölümü eklenebilir dediniz. Başka neler yapılabilir hocam? Sizce başka ne gibi eksiklikler var?*

(UÖ): *Öğrenciler uygulama yaparlarsa konuyla ilgili bilgileri pekişecektir. Öğrendiklerini unutmazlar. O açıdan söyledim ben. Böyle öğrencilerin uygulama yapabilecekleri sorular olsa veya kendilerini deneyebilecekleri bir test bölümü olsa iyi olur.*

(A): *Anladım. Başka neler yapılmalı?*

(UÖ): *Bilmiyorum ama. Şu olabilir belki. Ben genelde derslerimde not aldırıyorum. Çünkü öğrenciler genellikle çalışmak için defterlerini kullanıyorlar. Sizdeki (üniversiteyi kastediyor) gibi yapamayız biz. Not tutturmak zorundayız. Şimdi buradaki uygulamalarda evet konuyu çok güzel açıklıyoruz, materyaller iyi ama, not tutturuyoruz. Ben görüyorum bir iki öğrenci var tutmaya çalışsan ama diğerleri pek tutmuyorlar. Bence bu anlattıklarımızı not tuttursak olabilir aslında. Oradan çalışma fırsatı bulur öğrenciler. Aksi taktirde unutma ihtimalleri yüksek.*

(A): *Anladım. Not tutturmak belki konuya ayrılan zamanı aşmamıza neden olabilir hocam. Çünkü pilot çalışmalar sırasında baktık biz, ders süresi, yani üç hafta ancak yeterli oluyor. Ama şöyle yapılabilir dediğiniz: bilgisayar destekli öğretim materyallerindeki ekranların çıktısı alınarak öğrencilere dağıtılabilir.*

(UÖ): *Evet, olabilir mesela. Daha uygun. Oradan da çalışabilirler evlerinde. Yoksa zor yani dersteki her şeyi hatırlamaları.*

(A): *Tamam. Peki hocam başka bir şey var mı söylemek istediğiniz?*

(UÖ): *Bu kadar. Söyledim zaten bütün söyleyeceklerimi.*

(A): *Teşekkürler hocam katkılarınız için. Sağ olun.*

Uygulama öğretmenin yaptığı açıklamalar incelendiğinde özet olarak; materyallerin iyi düşünülmüş ve hazırlanmış olduğunu, öğrencilerin konuyla ilgili bilimsel anlamalar kazanmalarında olumlu yönde etkisinin olduğunu düşündüğü ortaya çıkmıştır. Öğretmen materyallerle ilgili görüşlerini ifade ederken, BDÖ materyalinin “konudaki kavramları ve olayları açık ve anlaşılır olarak ortaya koyması”, “öğrencilerin anlamalarını kolaylaştırması”, “öğrencilerin zihinlerinde canlandıramadıkları olayları animasyonlar sayesinde görselleştirmesi”, “konunun anlaşılmasını kolaylaştırması”, “öğrencinin ilgisini çektiği ve olayları görsel hale getirdiği için öğrenmenin kalıcı olmasını sağlaması” ve “animasyonlar sayesinde atomlar arasındaki bağlanmaların nasıl oluştuğunu öğrencilere açıklamanın daha kolay olması” gibi olumlu yönlerinden bahsetmiştir. Uygulama öğretmeni kavramsal değişim metinleri ve içerisinde yer alan sorularla ilgili tartışmalar hakkında ise “öğrencilerde merak uyandırması, ilgilerini çekmesi”, öğrencilerin hatalı fikirlere uzak, daha bilimsel fikirlere sahip olmalarını sağlaması”, “öğrencilerin fikirlerinin yanlış olduğuna ikna edilmesi konusunda özellikle yapılan tartışmaların faydalı olması”, “tartışmaların öğrencileri fikirleri sorgulamaya yönlendirmesi” ve “öğrencilerin derse katılımlarını artırması” gibi olumlu görüşler bildirmiştir. Uygulama öğretmeni aynı zamanda “bilgisayar laboratuvarının yetersizliği”,

“her öğrenciye bir bilgisayarın düşmemesi”, “bilgisayar laboratuvarının küçük olması”, “bilgisayar laboratuvarında öğrencileri kontrol etmenin zorlaşması” ve “bazı öğrencilerin bilgisayarda başka şeylerle (oyun, internet vb.) ilgilenmeleri” gibi bazı olumsuz eleştiriler de yapmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan materyallerin ve bir bütün olarak uygulanan öğretim sürecinin geliştirilmesi için; uygulama öğretmeni “BDÖ materyalindeki uygulama sorularının artırılması”, “BDÖ materyaline konuyla ilgili test sorularının yer aldığı bir bölümün eklenmesi” ve “öğrencilerin konuyla ilgili evlerinde de çalışabilmesi ve öğrendiklerini unutmamaları için ders sırasında not tutturulması” gibi önerilerde bulunmuştur.

3.7.2. Öğretim Süreci ve Materyallerle İlgili Öğrenci Görüşleri

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği öğrencilerden biri olan altıncı öğrenci (Ö6) açıklamalarında “derslerin eğlenceli geçtiğini”, “en çok BDÖ materyalini beğendiğini çünkü içerisindeki animasyonların ilgisini çektiğini”, “animasyonların onların her şeyi tam olarak görmelerini sağladığını ve onlarla uğraşmaktan zevk aldığını” ve “sınıftaki tartışmaları ve kavramsal değişim metinlerini ilginç ve zevkli bulduğunu, ancak tartışmalar sırasında bazen hangi fikrin doğru hangisinin yanlış olduğunu tam anlayamadığını ve kafasının karıştığını” ifade etmiştir. Altıncı öğrenciye dersler sırasında önceden bildiği bir şeyin aslında yanlış olduğunu fark edip etmediği sorulduğunda, “yeni öğrendiği birçok şey olduğunu ama bunları hatırlayamadığını” belirtmiştir. Altıncı öğrenciyle (Ö6) yapılan mülakat aşağıda verilmiştir.

(A): Kimyasal bağlar konusunu bilgisayar destekli olarak ve kavramsal değişim metinleriyle işledik. Ne düşünüyorsun bu öğretim süreci hakkında? Etkili oldu mu sence?

(Ö6): Çok güzeldi bence. Biz hiç bilgisayar laboratuvarına gitmiyorduk. Eğlenceli geçti yani. Güzeldi dersler.

(A): Peki en çok hangi yönünü beğendin? Bilgisayar destekli öğretim materyalini mi, metinleri mi, tartışmaları mı? Hangisini?

(Ö6): Bilgisayardaki materyali.

(A): Peki hangi yönünü beğendin. Hangi yönden faydalı oldu sana?

(Ö6): Güzeldi. Zevkliydi. Animasyonlar falan.

(A): Peki animasyonların nesini beğendin, sana bir şey kazandı mı?

(Ö6): Tabi ki. Birçok şey öğrendim. Su nasıl oluşuyor, kovalent bağ, iyonik bağ, hepsinin nasıl oluştuğunu gördük.

(A): Normal derslerde de öğreniyorsunuz ama iyonik bağ, kovalent bağ zaten. Ne farkı vardı önceki derslerden?

(Ö6): Zaten görüyorduk ama bu kadar işlemiyorduk. Öğretmen anlatıyordu, bize not tutturuyordu genelde. Biz dinliyorduk sadece. Burada bizde bir şeyler yaptık. Zevkliydi yani. Tartıştık falan. Güzeldi bence.

- (A): Öğrenmene ne gibi bir katkı sağladı sence? Ya da katkı sağladı mı?
 (Ö6): Katkı sağladı tabii. Görmüş olduk bağlanmaların nasıl gerçekleştiğini tam olarak.
 (A): Zaten normal derslerde de görüyorsunuz.
 (Ö6): Evet ama, öğretmenimiz sadece anlatıyordu. Şekil çizmiyordu bu kadar detaylı. Ben mesela sekizinci sınıftan hatırlıyorum bağlarla ilgili biraz, ama hiç böyle şeyler yapmamıştık.
 (A): Metinler nasıldı peki sence? Tartışmalar nasıldı?
 (Ö6): İlginçti. Onlarda güzeldi. Çok ayrıntılıydı ama. Bazen kafam karışıyordu benim.
 (A): Niye?
 (Ö6): Tartışmalar sırasında herkes bir şey söylüyor. Hangisi doğru karışıyor.
 (A): Güzel değildi, sevedin yani?
 (Ö6): Yok, sevdim ama. Yani karışıyordu bazen. Çok ilginç şeyler tartıştık aslında. Biz derslerde hiç bu kadarını tartışmıyoruz. Hiç düşünmediğimiz şeyleri düşündük, zevkliydi yani.
 (A): Peki beğendiğin tarafları var, tamam. Peki nelerini beğenmedin? Ne yapılırsa daha iyi olurdu sence? Ne eksikleri vardı?
 (Ö6): Yoktu aslında. Güzeldi yani.
 (A): Ama az önce tartışmalardan kafanın karıştığını söyledin.
 (Ö6): Evet ama fazla değil. Daha az tartışma olsa daha iyi olurdu belki.
 (A): Peki bu öğretim sayesinde şunu çok iyi öğrendim, eskiden yanlış biliyormuşum dediğin neler var? Var mı yada?
 (Ö6): Vardır. Ama şu anda aklıma gelmiyor. Yeni öğrendiğim çok şey oldu ama hatırlamıyorum şu anda.
 (A): Tamam, teşekkürler fikirlerini paylaştığın için.

Kavramsal değişimin en düşük düzeyde gerçekleştiği öğrencilerden biri olan onuncu öğrenci (Ö10) açıklamalarında “en çok BDÖ materyalini beğendiğini çünkü içerisindeki animasyonların güzel hazırlanmış olduğunu ve ilgisini çektiğini”, “animasyonların onlara konuları daha iyi açıkladığını”, “metinleri beğendiğini, içerisinde onların yanlış yapmamaları için açıklamaların olduğunu ve onlara doğruları gösterdiğini” ve “sınıftaki tartışmalarda herkesin rahatlıkla fikirlerini söyleyebildiklerini ve öğretmenin yanlış fikirler varsa bunları düzeltmeye çalıştığını” ifade etmiştir. Onuncu öğrenciye dersler sırasında önceden bildiği bir şeyin aslında yanlış olduğunu fark edip etmediği sorulduğunda, altıncı öğrenciyle benzer şekilde, “yeni öğrendiği birçok şey olduğunu ama bunların şuan aklına gelmediğini” belirtmiştir. Onuncu öğrenciyle (Ö10) yapılan mülakat aşağıda verilmiştir.

- (A): Kimyasal bağlar konusunu bilgisayar laboratuvarında bilgisayar destekli bir materyalle ve size verilen metinlerle işledik. Neler düşünüyorsun yapılan öğretim hakkında?
 (Ö10): Güzeldi.
 (A): Biraz açıklar mısın, neresi güzeldi? En çok hangi yönünü beğendin mesela?
 (Ö10): Animasyonlar vardı, onlar güzeldi.
 (A): Güzeldi derken ne demek istiyorsun? Tam anlayamadım. Neresini beğendin mesela?
 (Ö10): Yani ilgimi çekti animasyonlar. Güzel hazırlanmış, bize konuyu iyi açıkladı.
 (A): Metinler hakkında ne düşünüyorsun?
 (Ö10): Onlarda güzeldi.
 (A): Anladım ama biraz açıklaman lazım cümlelerini. Niye güzel diyorsun? Ne katkı sağladı sana?
 (Ö10): Metinlerde yanlış fikirler vardı. Bu hatalara bizimde düşmememiz için. Yani bize doğrusunu gösterdi her şeyin.

(A): Peki. Öğretim süreci içinde başka neler dikkatini çekti. Mesela tartışmalar vardı. Onlar fayda sağladı mı sana? Sağladıysa nasıl bir katkı sağladı?

(Ö10): Tartışmalar vardı işte. Herkesin fikrini söylemesini istedi öğretmenimiz. Yanlış düşünenler varsa doğrusunu açıkladı, düzeltmeye çalıştı.

(A): Yani, ne katkı sağladı?

(Ö10): Yine bizim hata yapmamız için işte. Daha doğru öğrenmemizi sağlamaya çalıştı.

(A): Peki bu öğretim sayesinde eskiden yanlış bildiğim şunun doğrusunu öğrendim dediğin bir şey var mı? Meğer eskiden yanlış biliyordum, burada doğrusunu öğrendim dediğin?

(Ö10): Çok şey var tabi.

(A): Neler onlar işte? Ben örnek vermeni istiyorum.

(Ö10): Bilmiyorum. Şu anda aklıma gelmiyor. Vardır ama, var yani.

(A): Tamam, teşekkürler fikirlerini paylaştığın için.

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerçekleştiği öğrencilerden biri olan birinci öğrenci (Ö1) açıklamalarında “uygulamaların zevkli olduğunu”, “BDÖ materyalindeki animasyonların faydalı olduğunu çünkü zihinlerinde canlandıramadıkları bağlanmanın, iyonik ve kovalent bağın nasıl oluştuğunu onlara açıkça gösterdiğini” ve “kavramsal değişim metinlerinin onların hatalar yapmamaları için faydalı olduğunu” ifade etmiştir. Birinci öğrenciye dersler sırasında önceden bildiği bir şeyin aslında yanlış olduğunu fark edip etmediği sorulduğunda, “daha önce metalik bağı elektron alışverişi olarak düşündüğünü, ancak uygulamalar sırasında öyle olmadığını anladığını” belirtmiştir. Birinci öğrenciyle (Ö1) yapılan mülakat aşağıda verilmiştir.

(A): Kimyasal bağlar konusunu farklı bir şekilde işledik bilgisayar laboratuvarında. Ne düşünüyorsun yapılan öğretim hakkında? Beğendiğin veya beğenmediğin yönleri nelerdi? Eleştirir misin?

(Ö1): Gayet güzeldi bence. Bilgisayardaki materyal, bize verdiğiniz fotokopiler (kavramsal değişim metinlerini kastediyor). Bence iyiydi. Zevkli geçti.

(A): Zevk aldım diyorsun uygulamalardan. Peki başka?

(Ö1): Bilgisayardan takip ettik biz dersleri. Öğretmenimizin bizden istediklerini yaptık. Bazen işte animasyonlar falan vardı. Onlarla oynadık.

(A): Animasyonlar sence faydalı mıydı?

(Ö1): Evet. Orda tam olarak bağlanmanın nasıl olduğunu görebiliyorduk. Bize çok faydalı oldu.

(A): Ne faydası oldu mesela?

(Ö1): Ben tam zihnimde kuramıyordum mesela bağlanmanın nasıl olduğunu. Oradaki animasyonlarda hepsi vardı; iyonik, kovalent falan. Hepsinin nasıl oluştuğunu gösteriyordu. Dersi daha iyi anlamamızı sağladılar yani.

(A): Başka?

(Ö1): Fotokopiler vardı birde (kavramsal değişim metinlerini kastediyor). Onlar da bize hata yapmamız için uyarıyorlardı.

(A): Anladım. Peki daha önce bilmediğin veya yanlış bildiğin bir şeyin farkına vardın mı hiç mesela. O tartışmalar sırasında sen de yanlış bildiğin şeylerin farkına vardın mı?

(Ö1): Evet. Bazı şeyleri yanlış biliyorduk.

(A): Neydi onlar mesela? Örnek verebilir misin?

(Ö1): Şuan tam hatırlamıyorum ama... (biraz düşündü)... metalik bağ mesela. Ben metalik bağı elektron alışverişi olarak düşünüyordum. Ama öyle olmadığını anladım derste.

(A): Peki, başka eleştirmek istediğin bir şey var mı materyallerle ilgili ya da öğretimle ilgili?

(Ö1): Bu kadar.

Kavramsal değişimin orta düzeyde gerekleştiiği öğrencilerden biri olan dördüncü öğrenci (Ö4) açıklamalarında “uygulamaları beğendiğini”, “bilgisayar kullanmayı sevdiğini ve bilgisayardan daha kolay öğrendiğini”, “BDÖ materyalindeki animasyonları beğendiğini çünkü onların atomlar nasıl bağ yapıyor ve atomların arasında çekim nasıl oluyor gibi olayları doğrudan gösterdiğini ve böylece daha iyi anladığını”, “metinleri beğendiğini, ders kitaplarında onlara dağıtılan metinlerdeki gibi açıklayıcı şekillerin yer almadığını”, “metinlerin biraz uzun olduğunu, bazen onları okumadığını”, “tartışmaları beğendiğini, çok ilginç fikirlerle karşılaştıklarını” ve “tartışmaların amacının metinlerdeki benzer hataları kendilerinin yapmaları olduğunu” ifade etmiştir. Dördüncü öğrenciye dersler sırasında önceden bildiği bir şeyin aslında yanlış olduğunu fark edip etmediği sorulduğunda, “daha önce iyonik ve kovalent bağı birbiriyle karıştırdığını ancak uygulamalar sayesinde ikisini de çok iyi öğrendiğini” belirtmiştir. Dördüncü öğrenciyle (Ö1) yapılan mülakat aşağıda verilmiştir.

(A): Bilgisayar destekli öğretim materyali ve size dağıtılan metinlerle kimyasal bağlar konusunu işledik bilgisayar laboratuvarında. Ne düşünüyorsun bunun hakkında? Normalde dersleriniz böyle işliyor muydunuz?

(Ö4): Hayır, ilk defa böyle işledik. Bilgisayar laboratuvarına gidiyoruz ama.

(A): Kimya dersinde daha önce gitmiş miydiniz hiç?

(Ö4): Hayır. Başka derslerde gitmiştik birkaç kere.

(A): Anladım nasıl buldun peki uygulamaları? Kimyasal bağlar konusunu bilgisayar laboratuvarında pek alışkın olmadığınız bir şekilde işledik.

(Ö4): Bence güzeldi. Bilgisayar kullanmayı seviyorum ben. Bilgisayarda insan daha kolay öğreniyor.

(A): Neden peki?

(Ö4): Her şey var bilgisayarda. İstediiğin konuyu öğrenebiliyorsun.

(A): Peki bizim materyalimizi düşün. Onu nasıl buldun?

(Ö4): Güzeldi bence. İyi hazırlamışsınız. Siz mi geliştirdiniz?

(A): Evet.

(Ö4): İyi biliyorsunuz galiba bilgisayarı.

(A): Fena değil. Neyse. Neresini beğendin mesela bilgisayar destekli öğretim materyalinin?

(Ö4): Animasyonlar güzeldi. Sorular falan.

(A): Peki niye hoşuna gitti bunlar? Bir katkı sağladı mı sana? Sınıfta da öğreniyordunuz aynı şeyleri.

(Ö4): Ama derste böyle her şeyi tam göremiyoruz. Öğretmenimiz anlatıyor sadece. Bazen tam anlayamıyoruz yani. Ama bilgisayarda her şeyi detaylı görmek mümkün. Atomlar nasıl bağ yapıyor, aralarındaki çekim niye oluştu, hepsini gördük animasyonlardan.

(A): Daha iyi anladık mı diyorsun yani?

(Ö4): Evet.

(A): Başka ne özelliği vardı materyallerin?

(Ö4): Başka... bu kadar.

(A): Peki size verilen metinlerle ilgili ne düşünüyorsun. Onları nasıl buldun. Şöyle bir eleştirel gözle bakarsan?

(Ö4): Onlarda güzeldi. İşin aslı bazen okumadım ben onları. Uzundu biraz. Güzeldi ama. Olayları tam olarak gösteren şekiller vardı orda da. Kitaplarda bu kadar iyi açıklayan şekiller pek yok.

(A): Beğendin yani? Hiç eleştirmedin?

(Ö4): *Bence güzeldi.*

(A): *Normal derslerden daha çok zevk aldın yani?*

(Ö4): *Evet. Tartışmalarda güzeldi aslında. Farklı konular tartıştık. Çok ilginç fikirler varmış, onları gördük.*

(A): *Peki bu ne sağladı size? Yanlış fikirleri öğrenmen sana ne katkı sağlar ki?*

(Ö4): *Ama bizde aynı hataları yapmayalım diye öğretmen tartıştırdı bize. Faydalıydı yani.*

(A): *Anladım. Peki son bir soru daha soracağım sana. Sana hiç öyle bir şey oldu mu? Yani, önceden bildiğin bir şeyin yanlış olduğunu fark ettin mi bu tartışmalar sırasında? Daha doğrusu tüm süreç boyunca.*

(Ö4): *Hayır. Bana olmadı.*

(A): *Peki neyi iyi öğrendin mesela. Ben şunda kesin hata yapmam artık, çok iyi öğrendim dediğin ne var?*

(Ö4): *Ben iyonik ve kovalenti tam bilmiyordum, karıştırıyordum bazen. Ama şimdi ikisini de çok iyi biliyorum diyebilirim.*

(A): *Anladım. Peki söylemek, eleştirmek istediğin başka bir şey var mı?*

(Ö4): *Yok.*

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği öğrencilerden biri olan beşinci öğrenci (Ö5) açıklamalarında “uygulamaları sevdiğini, zevkli olduğunu”, “BDÖ materyalinin konuyu daha iyi anlamaları, kavramsal değişim metinlerinin ise onların hata yapmamaları açısından faydalı olduğunu”, “en çok BDÖ materyalini beğendiğini çünkü içerisindeki animasyonların ilgisini çektiğini”, “metinlerde ve tartışmalar sırasında ilginç fikirlerin ortaya çıktığını, bunların ona ilginç geldiğini” ve “kullandıkları bilgisayarın eski olması nedeniyle ara sıra problem yarattığını, bunun uygulamaların tek olumsuz yönü olduğunu” ifade etmiştir. Beşinci öğrenciye dersler sırasında önceden bildiği bir şeyin aslında yanlış olduğunu fark edip etmediği sorulduğunda, “eskiden hal değişimi ve sıcaklığın molekül şeklini etkilediğini düşündüğünü , ancak sonradan bunun yanlış olduğunu öğrendiğini” belirtmiştir. Beşinci öğrenciyle (Ö5) yapılan mülakat aşağıda verilmiştir.

(A): *Şimdi birazda materyallerle ilgili konuşalım. Kimyasal bağlar konusunu işlerken iki farklı materyal vardı biliyorsun. Biri bilgisayar destekli öğretim materyali, diğeri size dağıtılan yazılı metinler. Ne düşünüyorsun dersler hakkında. Sence bu iki materyal ne kazandırdı öğretime?*

(Ö5): *Ben sevdim aslında dersleri. Zevkliydi yani, güzeldi. Bilgisayardaki materyal konuyu anlamamız için iyiydi. Daha iyi anladık. Dağıtılan fotokopilerde de hatalı fikirler vardı, bizim öyle düşünmememiz için. Onların yanlış olduğunu açıklıyordu. Yani bence ikisi de faydalıydı.*

(A): *Peki en çok hoşlandığın neydi mesela tüm öğretim boyunca?*

(Ö5): *Ben bilgisayar materyalini daha çok sevdim.*

(A): *Hangi açıdan sevdim, hangi özelliğini?*

(Ö5): *Benim ilgimi daha çok çekti bilmiyorum. Animasyonlarla oynamak falan eğlenceliydi.*

(A): *Sadece eğlendin mi yani?*

(Ö5): *Hayır, öyle demek istemedim. Yani, öğrendik de aynı zamanda. Hem de güzel bir şekilde yani.*

(A): *Peki metinlerle ilgili tartışmalar oluyordu sınıfta hatırlıyorsan. Onlarla ilgili ne söyleyebilirsin?*

(Ö5): *Onlarda farklıydı. Değişik fikirler çıktı herkesten. Öğretmenimiz şaşırtıyordu bizi sorularla. O da zevkliydi ama.*

(A): *Şaşırtıyordu derken neyi kastettin?*

(Ö5): Yani çok ilginç sorular vardı o fotokopilerde. Daha önce hiç böyle soruları konuşmamıştık, ilginç geldi bana.

(A): Hoşuna gitmedi mi yani?

(Ö5): Yok güzeldi. İlginçti yani.

(A): Peki hoşlanmadığın neler oldu öğretim sırasında? Daha doğrusu var mıydı böyle bir şey?

(Ö5): Olmadı. Ama bazen bizim oturduğumuz bilgisayar iyi çalışmıyordu. Eski bilgisayardı, ikide bir ekrana bir şeyler geliyordu falan. Bir tek o yani. Başka bir problemimiz olmadı.

(A): Peki, son soruyu sorayım bitirelim. Öğretim sırasında, ben şunu yanlış biliyormuşum dediğin oldu mu? Yani eskiden bildiğin bir şeyin yanlış olduğunun farkına vardın mı hiç? O tartışmalar sırasında falan. Ya da kavramsal değişim metinlerinden okuduğunda.

(Ö5): Tam hatırlamıyorum ama olmuştur. Mesela ben bu hal değişiminin, sıcaklığın falan molekül şeklini etkilediğini düşünüyordum, hatta teste öyle bir soru vardı. Onu yanlış yapmışım mesela. Sonradan öğrendim.

(A): Başka var mı?

(Ö5): Vardır, şu an aklıma gelmiyor ama.

(A): Peki son olarak senin eklemek istediğin başka bir şey var mı derslerle ilgili veya materyallerle ilgili?

(Ö5): Yok

Kavramsal değişimin en yüksek düzeyde gerçekleştiği öğrencilerden biri olan on altıncı öğrenci (Ö16) açıklamalarında “BDÖ materyalindeki animasyonların onların konuyu daha kolay anlamalarını sağladığını, kavramsal değişim metinlerinin ise onların hata yapmalarını engellemesi açısından faydalı olduğunu”, “en çok kavramsal değişim metinlerini beğendiğini çünkü kendisinde de bazı yanlış fikirlerin olduğunu ve metinler sayesinde bunları düzelttiğini” ve “tartışmaların zevkli olduğunu” ifade etmiştir. On altıncı öğrenciye dersler sırasında önceden bildiği bir şeyin aslında yanlış olduğunu fark edip etmediği sorulduğunda, “eskiden suda atomlar arasında hidrojen bağı olduğunu düşündüğünü , ancak öğretim sayesinde suda atomlar arasında kovalent bağ olduğunu öğrendiğini” belirtmiştir. On altıncı öğrenciyle (Ö16) yapılan mülakat aşağıda verilmiştir.

(A): Peki üç hafta boyunca birlikte ders işledik, kimyasal bağlar konusunu işledik değil mi?

(Ö16): Evet.

(A): Bu dersler öncekilerden farklıydı galiba değil mi?

(Ö16): Evet.

(A): Neresi farklıydı?

(Ö16): Bilgisayar laboratuvarında işledik. Normalde biz sınıfta işliyoruz genelde.

(A): Anladım. Başka? Yani öğretmen size farklı materyaller sağladı öğretim sırasında, neydi onlar?

(Ö16): Anladım, bilgisayarda gösterdi bize. Birde fotokopilerimiz vardı.

(A): Peki öğretmeniniz bu materyalleri kullandı ama, sence onların size ne gibi bir etkisi oldu? Yani öğretmen onları niye kullandı acaba?

(Ö16): Orada animasyonlar vardı bizim daha kolay anlamamız için. Çünkü zor bir konu aslında. Ben sekizinci sınıftan hatırlıyorum. Bu kadar anlayamamıştım o zaman. Şimdi daha iyi anladım. Çünkü gördüm hepsini, iyonik, kovalent, hepsinin nasıl oluştuğunu gösterdi bize.

(A): Peki, metinler vardı birde. Sen fotokopi diyorsun ya, onlar ne katkı sağladı sana? Nerede faydalandın onlardan?

(Ö16): Onlarda bizim tartışmamız içindi. Orada yanlış fikirler vardı. Öğretmen bunları gösterdi bize, sizde bu hatalara düşmeyin diye. Bizim yanlış şeyleri düşünmemizi engelledi yani.

(A): Engelledi yani, kesin hiç yanlış yapmadık mı diyorsun?

(Ö16): Yapmışızdır yine. Ama çoğunu yapmadık. Yanlışları bildiğimiz için.

(A): Anladım. Peki senin en çok hoşuna giden şey neydi öğretim sırasında?

(Ö16): Aslında ben bu bize verdiğiniz fotokopileri daha çok sevdim. Çünkü benimde vardı biraz yanlışlarım.

(A): Biraz mı vardı?

(Ö16): Yani. Çok varmıştır belki de.

(A): Evet, seni dinliyorum.

(Ö16): İşte, ilginç fikirler vardı yani. Bende de vardı o fikirlerden bazıları. Onları düzeltmemi sağladı.

(A): Anladım. Peki senin önerilerin var mı? Şunu böyle yapsanız daha iyi olurdu diye ya da şurası olmamış diye?

(Ö16): Bilmiyorum, ben nasıl söyleyeyim. İyiydi bence. Bence güzeldi yani.

(A): Senin sevmediğin tarafı yok mu hiç? Mesela sıkmadı mı seni?

(Ö16): Yok. Bence çok zevkliydi, tartışmalar falan.

(A): Peki. Hani demiştin ya, benimde varmış yanlışlarım diye. Mesela hatırlıyor musun eskiden bildiğin, ama buradaki dersler sırasında yanlış olduğunu öğrendiğin bir şey var mı? Örnek verebilir misin?

(Ö16): Ya aslında pek bilgim yoktu kimyasal bağlarla ilgili başlangıçta. Yani çok yanlışım varmıştır kesin ama. Mesela şeyi söyleyeyim: ben suda hidrojen bağı olduğunu sanıyordum, aslında kovalent bağ varmış. O benim dediğim su molekülleri arasındaymış. Bunu öğrendim mesela.

(A): Peki. Sorularım bu kadar. Senin söylemek istediğin, eleştirmek istediğin bir şey var mı?

(Ö16): Hayır, yok.

4. TARTIŞMA

Çalışmanın amacı doğrultusunda, araştırma problemlerinin çözümüne yönelik olarak elde edilen bulgular, literatürde yapılmış olan çalışmaların sonuçları ile birlikte bu bölümde ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Birinci kısımda, öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki farklı kavramlarla ilgili yanılgıları ayrıntılı olarak ele alınmış ve öğretim sonrasında öğrenci fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır. İkinci kısımda, öğretim materyallerinin kavramsal değişimin kalıcılığına olan etkisi irdelenmiştir. Üçüncü kısımda ise, uygulama öğretmeninin ve öğrencilerin öğretim materyalleri hakkındaki görüşleri yorumlanmıştır.

4. 1. Öğrencilerdeki Kavram Yanılgılarının ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Bu bölümde, öğretim öncesinde ve sonrasında öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki farklı kavramsal alanlarda sahip oldukları yanılgılara ve öğretim sonrasında öğrencilerin bu alanlardaki fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişime ilişkin tartışmalara yer verilmiştir.

4.1.1. Bağ Oluşumunun Özellikleriyle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Testteki birinci soru öğrencilerin genel olarak bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili anlamalarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca, farklı atomlar arasındaki bağ oluşumlarının özelliklerine ilişkin öğrenci anlamalarını araştıran 3, 4, 7 ve 11. sorulara verilen öğrenci cevapları da aslında onların genel olarak bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili fikirlerine ışık tutmaktadır. Diğer veri toplama aracı olan mülakatlarda ise öğrencilerin genel olarak bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin fikirlerini araştıran bir ana soru (mülakatın birinci sorusu) yer almaktadır. Bu bölümde öğrencilerin her iki veri toplama aracındaki bu sorulara verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların genel olarak

bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili sahip oldukları yanlışlar ve öğretim sonrasında fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır.

Bir kimyasal bağda en aktif rolü oynayan taneciklerin neler olduğunun sorulduğu testin birinci sorusuna doğru cevap veren öğrencilerin yüzdelerinde öğretim sonrasında gözlenen artış (Tablo 11 ve 13), çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve onların başarılarını artırdığına işaret etmektedir. Ayrıca, öğretim sonrası sadece öğrencilerin başarılarında bir artış gözlemlenmemiş; yanlışlara sahip olan öğrenci sayılarında azalmalar da görülmüştür. Bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili hangi yanlışlarda, ne düzeyde bir değişimin sağlandığı, yani öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişime işaret eden bulgular ilerleyen paragraflarda ayrı ayrı irdelenmiştir.

Bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin olarak öğrencilerin sahip oldukları yanlışlardan biri; *kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun tüm elektronları oynar* düşüncesidir. Bu yanlış daha önce Ünal (2003)'ün çalışmasında da bahsedilmiştir. Öğrencilerin sahip oldukları bu yanlış, onların bağ oluşumunun moleküler boyutta nasıl gerçekleştiğini zihinlerinde canlandırmakta güçlük çekmelerinden veya atomun yapısı ve atomu oluşturan taneciklerin özellikleriyle ilgili bilgi eksikliklerinden kaynaklanabilir. Ancak bu yanlışta öğretim öncesi ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16); öğrencilerin bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişim açıkça görülmektedir. Öğretim öncesinde bu yanlışta sahip olan öğrencilerin yüzdesi öğretim sonrasında yarı yarıya azalmıştır (ön testte %24,1; son testte %10,3).

Bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin olarak öğrencilerin sahip oldukları yanlışlardan ikincisi; *kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun protonları oynar* düşüncesidir. Bu yanlış daha önce Ünal (2003) tarafından da rapor edilmiştir. Bir önceki yanlışın olası nedeniyle benzer olarak, bu yanlış da öğrencilerin bağ oluşumunun moleküler boyutta nasıl gerçekleştiğini zihinlerinde canlandırmakta güçlük çekmelerinden veya atomun yapısı ve atomu oluşturan taneciklerin özellikleriyle ilgili bilgi eksikliklerinden kaynaklanabilir. Ancak öğretim öncesinde bu yanlışta sahip olan öğrencilerin büyük bir kısmının öğretim sonrasında bunu düzelttikleri görülmüştür (ön testte %20, 7; son testte %6,9). Ayrıca, ön ve son testlerde bu yanlışta sahip oldukları tespit edilen Ö1 ve Ö10'un mülakatın bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili sorularına

verdikleri cevaplarda da bu yanlışlığa rastlanılmamıştır (Bkz. Tablo 48-sayfa 254 ve Tablo 47-sayfa 251). Hem teste verilen cevapların geneline hem de kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerin cevaplarına bakıldığında, onların bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişim açıkça görülmektedir.

Öğrencilerin bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin sahip oldukları yanlışlardan ikincisi; *bağ oluşumu esnasında elektronların kaybolduğudur*. Testteki dördüncü ve yedinci sorulara hem ön testte hem de son testte verilen öğrenci cevapları bu durumu açıkça ortaya koymaktadır. Bu yanlış daha önce Ünal (2003) tarafından da rapor edilmiştir. Öğrencilerin sahip oldukları böyle bir yanlış, onların bağlanma gerçekleştikten sonra artık atomların var olmadığını, yeni bir molekülün oluştuğunu düşünmelerinden ortaya çıkmış olabilir. Öğrenciler moleküllerin de atomlardan oluştuğunu ve atomun sahip olduğu elektron, proton vb. içereceğini düşünememiş olabilirler (Bkz. Ek 5). Ancak belirtilen yanlışlığa öğretim öncesinde ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16); bu yanlışlığa sahip olan öğrencilerin bir kısmının öğretim sonrasında yanlışlarını düzelttikleri görülmektedir. Testteki dördüncü soruda yer alan; *iyonik bağ oluşumu esnasında elektronlar kaybolur* yanlışlığına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdesi (ön testte %10,3), uygulama sonrasında az da olsa düşmüştür (son testte %6,9). Testte yedinci soruda yer alan ve bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili aynı yanlışlığa işaret eden *polar kovalent bağda elektronlar iki atom arasında kaybolur* ifadesini öğretim öncesinde doğru cevap işaretleyen bir öğrenci bulunmasına rağmen (%3,5), bu öğrenci öğretim sonrasında yanlışlığını düzeltmiştir. Teste verilen cevaplardan ortaya çıkan bu iki durum, onların bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesidir. Ayrıca, bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin bu yanlışlığa kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle öğretim sonrasında yapılan mülakatlar sırasında da rastlanılmamıştır (Bkz. Tablo 46, 47, 48, 49, 50, 51-sayfa 250, 251, 253, 254, 256 ve 257). Bu durum da yine, öğrencilerin bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir sonucu olarak düşünülebilir.

Bazı öğrencilerin bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin sahip oldukları üçüncü yanlış; *bağ oluşumu esnasında elektronların bölündüğüdür*. Testteki farklı soruların cevap seçeneklerinde yer alan bu yanlışlığın doğru olduğunu düşünen öğrencilerin ön ve son testlerdeki varlığı, onların sahip oldukları bu yanlışlığa açıkça işaret etmektedir. Bu yanlış

Boo (1998) ve Eshach ve Garik (2001)'in çalışmalarında da ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin sahip oldukları bu yanlış, onların bağ oluşumunun moleküler boyutta nasıl gerçekleştiğiyle ilgili zayıf anlamalara sahip olmalarından kaynaklanabilir. Çünkü bazı öğrenciler her ne kadar tanımını doğru yapabilseler de, moleküler boyutta bağ oluşumunun nasıl gerçekleştiğiyle ilgili daha ileri bilgilere sahip değildirler (Bkz. Ek 5). Ancak, öğrencilerde hem öğretim öncesi hem de sonrasında karşılaşılan bu yanlışın ön ve son testlerdeki sahip olunma yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16, Sayfa 114); öğretim sonrasında büyük bir azalma olduğu görülmektedir. Örneğin; testin üçüncü sorusunda yer alan bu yanlış öğretim öncesinde öğrencilerin yaklaşık dörtte biri (%24,1) tarafından doğru cevap olarak belirlenirken, son testte sadece %6,9'u tarafından doğru cevap olarak işaretlenmiştir. Dördüncü soruda ise bu yanlış ön testte öğrencilerin yaklaşık beşte biri (%20,7) tarafından doğru cevap olarak belirlenmiş, ancak son testte sadece bir öğrenci bunu doğru cevap olarak işaretlemiştir. Bu yanlışın yer aldığı farklı sorularda gözlemlenen benzer durum, öğrencilerin bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer kanıtıdır. Ayrıca, bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin bu yanlışta kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle öğretim sonrasında yapılan mülakatlar sırasında da rastlanılmamıştır (Bkz. Tablo 46, 47, 48, 49, 50, 51-sayfa 250, 251, 253, 254, 256 ve 257). Bu durum da yine, öğrencilerin bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir diğer kanıtı olarak düşünülebilir.

Çalışmada bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin olarak öğrencilerde belirlenen yanlışlardan sonuncusu; *elektronların birbiriyle bütünleşerek bağlanmayı gerçekleştirdiği* yada *bağ denilen şeyin elektronlar olduğu* fikridir. Testteki on birinci soruya ön ve son testlerde verilen öğrenci cevapları bu durumu açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden biri olan Ö1'in öğretim sonrasında yapılan mülakatın birinci sorusuna verdiği cevaplar (sayfa 155), onun da bu yanlışta sahip olduğunu göstermektedir. Bu yanlışın öğrencilerdeki varlığı daha önce Nicoll (2001)'ün çalışmasında da rapor edilmiştir. Böyle bir düşüncenin öğrencilerde oluşmasının sebebi; onların mikroskobik boyuttaki anlamalarının zayıf olması ve ders kitaplarında yer alan şekil ve modelleri yanlış anlamaları olabilir (Bkz. Ek 5). Ancak belirtilen yanlışta öğretim öncesinde ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16); bu yanlışta sahip olan öğrencilerin bir kısmının öğretim sonrasında yanlışlarını düzelttikleri görülmektedir. Testteki on birinci sorunun cevap seçenekleri arasında yer alan

elektronların birbiriyle bütünleşerek bağlanmayı gerçekleştirdiği yanılıgısı ön testte öğrencilerin yaklaşık altıda biri (%17,2) tarafından doğru olarak düşünülürken, uygulama sonrasında bu yanılıgıya sahip öğrencilerin oranı oldukça azalmıştır (%3,5). Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö5'in öğretim öncesinde sahip olduğu bu yanılıgısını, öğretim sonrasında düzelttiği görülmüştür (Tablo 50, sayfa 257). Hem ön ve son teste bu yanılıgıya sahip olan öğrencilerin yüzdelerindeki değişim hem de mülakatlarda elde edilen veriler, öğrencilerin bağlanmanın yapısına ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir diğer kanıtı olarak düşünülebilir.

Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle yapılan mülakatlar sırasında, aslında öğrencilerdeki kavramsal değişimle dolaylı olarak ilişkilendirilebilecek ilginç bir durum daha dikkat çekmiştir. Bu öğrencilerle yapılan mülakatlar sırasında; onların atomu, molekülleri ve bağ oluşumunu açıklarken canlılara ait özellikleri kullandıkları ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin hemen hemen hepsi bağ oluşumunu ve atomların neden bağ yaptıklarını açıklarken “elektron ihtiyacı olmak”, “elektron almak istemek”, “son yörüngesini sekize tamamlamaya çalışmak”, “elektron vermek istemek”, “mutlu olmak” ve “kararlı olmayı istemek” gibi canlılara has ve onların sahip olabileceği nitelikleri atom ve moleküller için ifadelerinde sıklıkla kullanmışlardır. Mülakatlarda belirlenen bu durum, öğretim sonrasında bile öğrencilerin bağ oluşumunu açıklarken bu tür ifadeleri kullandıklarını, alışkanlıklarından kolay vazgeçemediklerini ve bu hususta kavramsal değişimi gerçekleştirmediklerini göstermektedir. Öğrencilerin atomları canlıymış gibi düşündükleri ve bahsedilen ifadeleri sıklıkla kullandıkları Nicoll (2001), Robinson (1998), Eshach ve Garik (2001), Griffiths ve Preston (1999) ve Coll ve Treagust (2001a)'un çalışmalarında da ortaya çıkmıştır. Bu durumun sebebi; öğrencilerin daha iyi anlamaları için öğretmenler tarafından kullanılan model ve benzetmelerin öğrenciler tarafından yanlış anlaşılması olabilir (Bkz. Ek 5).

Çalışmada kullanılan veri toplama araçlarından bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili öğrenci anlamalarına ilişkin olarak elde edilen bulgular hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında öğrencilerin bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili bazı yanılıgılara sahip olduklarını, ancak bu yanılıgılara öğretim sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelerinin öğretim öncesinde sahip olanlarınkine göre çok daha düşük olduğunu göstermiştir (Tablo 16). Başka bir ifadeyle çalışmada elde edilen bulgular, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin bağ oluşumunun özellikleriyle ilgili anlamalarını geliştirdiğini

ve öğrencilerin ilişkili kavram yanılgılarını gidermede büyük ölçüde başarılı olduğunu göstermektedir. Bu durum, kullanılan BDÖ materyalinin öğrencilere gözlemleyemedikleri (soyut) bağ oluşumu olayının nasıl gerçekleştiğini görsel olarak sunmasından ve bu sayede onların moleküler düzeydeki etkileşimleri zihinlerinde daha kolay canlandırmalarına imkan vermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, öğrencilerin bağ oluşumu ile ilgili yanılgılarının farkına varmalarına ve değiştirmelerine imkan veren kavramsal değişim metinlerinin de bu süreçte önemli rol oynadığına inanılmaktadır.

4.1.2. İyonik Bağla İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Testteki 2, 4, 6, 10, 19 ve 23. sorular, öğrencilerin iyonik bağla ilgili anlamalarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu sorular ile iyonik bağ ve iyonik bağlı bileşiklerin özellikleriyle ilgili öğrenci anlamaları araştırılmaktadır. Diğer veri toplama aracı olan mülakatlarda ise öğrencilerin iyonik bağla ilgili anlamalarını araştıran bir ana soru (mülakatın ikinci sorusu) ve iki alt soru yer almaktadır. Bu bölümde öğrencilerin her iki veri toplama aracındaki bu sorulara verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların iyonik bağla ilgili anlamalarında gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır.

Testteki 2, 4, 6, 10, 19 ve 23. sorulara ön ve son testlerde verilen doğru cevap yüzdeleri, öğrencilerin iyonik bağla ilgili başarı düzeylerinde gerçekleşen değişime işaret etmektedir. En düşük artışın gerçekleştiği testin altıncı sorusunu öğretim öncesinde doğru cevaplayan büyük bir öğrenci grubu olmasına rağmen (%75,9), öğretim sonrasında bu öğrencilerin yüzdesi artmıştır (%93,1). En yüksek artışın olduğu on dokuzuncu soru ise öğretim öncesinde öğrencilerin yaklaşık üçte biri (%34,5) tarafından doğru cevaplanırken, öğretimden sonra öğrencilerin büyük çoğunluğu (%79,4) tarafından doğru cevaplanmıştır. Benzer şekilde, testteki 2, 4, 10 ve 23. soruları doğru cevaplayan öğrencilerin yüzdelerinde de öğretim sonrasında artış gözlemlenmiştir. Özetle, iyonik bağla ilgili farklı sorulardaki benzer bulgu, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin iyonik bağla ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve onların başarılarını artırdığına işaret etmektedir. Ayrıca, öğretim sonrası öğrencilerin sadece başarılarında bir artış gözlenmemiş, yanılgılara sahip olan öğrencilerin yüzdelerinde de azalmalar olmuştur. İyonik bağ ve iyonik bağlı bileşiklerin yapısıyla ilgili hangi yanılgılarda ne düzeyde bir değişimin sağlandığı ilerleyen paragraflarda ayrı ayrı irdelenmiştir.

İyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle hangi halde bulunduğunun sorulduğu testin ikinci sorusu, öğrencilerin iyonik bileşiklerin özelliklerine ilişkin sahip oldukları iki yanılgıya işaret etmiştir. Bu yanılgılar; *iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle sıvı halde olduğu* ve *iyonik bileşiklerdeki moleküllerin birbirine kovalent bağla bağlı olduğu* yanılgılarıdır. Öğrencilerdeki bu yanılgılar, onların iyonik bileşiklerin yapısıyla ilgili zayıf anlamalara sahip olmalarından kaynaklanmış olabilir (Bkz. Ek 5). Öğrencilerin iyonik bağla ve iyonik bileşiklerle ilgili zayıf anlamalara sahip oldukları Taber (1997) tarafından da ifade edilmiştir. Ancak belirtilen bu yanılgılara ön testte ve son testte sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16, sayfa 114); öğretim öncesinde bu yanılgılara sahip olan öğrencilerin tamamının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür. Bu durum, uygulanan öğretimin iyonik bileşiklerin özellikleriyle ilgili öğrenci fikirlerinde gerçekleştirdiği olumlu yöndeki kavramsal değişimin önemli bir işaretidir. Ayrıca, iyonik bileşiklerin özelliklerine dair bu yanılgılara, öğretimin ardından kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle yapılan mülakatlarda rastlanılmaması da; onların iyonik bileşiklerin özelliklerine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir sonucu olarak yorumlanabilir.

Öğrencilerin iyonik bağla ilgili olarak anlamakta güçlük çektikleri ve yanılgılara sahip oldukları alanlardan biri de; iyonik bağın nasıl gerçekleştiği, yani iyonik bağ oluşumu esnasında elektronların nasıl davrandığıdır. Testte, öğrencilerin bahsedilen bu alanla ilgili anlamalarını araştıran dördüncü sorunun cevap seçenekleri arasında yer alan *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır*, *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar iki atom arasında bölünür* ve *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar tamamen kaybolur* yanılgılarının doğru olduğunu düşünen öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrasındaki varlığı, bu duruma açıkça işaret etmektedir. Öğrencilerin bahsedilen yanılgılara sahip olmalarındaki en önemli sebepler; konuyla ilgili sadece ezberle bazı bilgilere sahip olmaları ve mikroskobik boyuttaki olayları zihinlerinde canlandırmakta zorlanmalarındadır (Bkz. Ek 5). Ancak, bu yanılgılara öğretim öncesi ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16, sayfa 114); öğretim sonrasında öğrencilerin iyonik bağın nasıl gerçekleştiği ve bağ oluşumu sırasında elektronların davranışları ile ilgili fikirlerinde olumlu yönde kavramsal değişimin olduğu görülmektedir. *İyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır* (ön test: %31,1; son test: %13,8), *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar iki atom arasında bölünür* (ön testte %20,7; son testte %3,5) ve *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar tamamen*

kaybolur (ön testte %10,3; son testte %6,9) yanılgılarına sahip olan öğrencilerin yüzdelerinde öğretim sonrasında görülen azalmalar, onların iyonik bağın nasıl gerçekleştiğine ve bağ oluşumu sırasında elektronların davranışlarına ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesidir. Ayrıca, iyonik bağın oluşması sırasında elektronların nasıl davrandıklarına ilişkin bu yanılgılara, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle öğretimin ardından yapılan mülakatlar sırasında da rastlanılmamıştır. Öğretim öncesindeki ön testte *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır* yanılgısına sahip oldukları belirlenen Ö4, Ö5 ve Ö16, öğretim sonrası bu yanılgılarından vazgeçmişlerdir (Bkz. Tablo 49-sayfa 255, Tablo 50-sayfa 257 ve Tablo 51-sayfa 258). Benzer şekilde, ön ve son testlerde *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar tamamen kaybolur* yanılgısına sahip olduğu belirlenen Ö10'la yapılan mülakatlarda da, onun böyle bir yanılgıya sahip olmadığı tespit edilmiştir. Bahsedilen durumlar, öğrencilerin iyonik bağın nasıl gerçekleştiğine ve iyonik bağ oluşumu sırasında elektronların davranışlarına ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin diğer kanıtları olarak düşünülebilir.

Öğrencilerin iyonik bağla ilgili olarak anlamakta güçlük çektikleri ve yanılgılara sahip oldukları alanlardan biri de; iyonik bağın hangi atomlar arasında gerçekleştiğidir. Testte, öğrencilerin bahsedilen bu alanla ilgili anlamalarını araştıran altıncı sorunun cevap seçenekleri arasında yer alan *iyonik bağ soygazlar ile ametaller arasında gerçekleşir, iyonik bağ metaller arasında gerçekleşir* ve *iyonik bağ ametal atomları arasında gerçekleşir* yanılgılarının doğru olduğunu düşünen öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrasındaki varlığı, bu duruma açıkça işaret etmektedir. Ayrıca, testte suyu oluşturan atomlar arasındaki bağ türünün sorulduğu sekizinci soruya *iyonik bağ* cevabını veren öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrasındaki varlığı da, onların iyonik bağın metaller arasında gerçekleştiğini düşünmelerinin bir sonucu olabilir. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö6 ve Ö10'un mülakatın ikinci sorusuna ve bu sorunun alt sorularına verdikleri cevaplar da (sayfa 166, 168 ve 169), onların öğretim sonrasında bile *iyonik bağın ametal atomları arasında oluştuğu* yanılgısına sahip olduklarını açıkça göstermektedir. *İyonik bağ ametal atomları arasında gerçekleşir* yanılgısı birçok çalışmada ifade edilmesine rağmen (Taber, 1997; Boo, 1998; Tan ve Treagust, 1999; Coll ve Treagust, 2001b; Nicoll, 2001), *iyonik bağ metaller arasında gerçekleşir* yanılgısı yalnızca Ünal (2003) tarafından yapılan çalışmada ifade edilmiştir. Öğrencilerin bu tür yanılgılara sahip olmalarında; metallerin, ametallerin ve soygazların özelliklerini tam kavramamış olmaları ve iyonik ve kovalent

bağı karıştırıyor olmalarının etkisi olabilir (Bkz. Ek 5). Ancak belirtilen yanlışlara öğretim öncesi ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16, sayfa 114); öğrencilerin iyonik bağın hangi atomlar arasında oluştuğuyla ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişim açıkça görülmektedir. Altıncı sorunun cevap seçeneklerinde yer alan *iyonik bağ soygazlar ile ametaller arasında gerçekleşir* yanlışına öğretim öncesinde bir öğrencide rastlanmasına rağmen (%3,5), öğretim sonrasında öğrencinin bu yanlışını düzeltmesi bu durumun bir göstergesidir. Benzer şekilde, *iyonik bağ metallere arasında gerçekleşir* yanlışına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin tamamının (%10,3), öğretim sonrasında bu yanlışlarından vazgeçmeleri de bu sonucu desteklemektedir. Ayrıca *iyonik bağ ametal atomları arasında gerçekleşir* yanlışına öğretim öncesinde sahip olan öğrenci yüzdesinin öğretim sonrasında büyük oranda düşmesi de (ön testte %17,2; son testte %6,9), onların iyonik bağın hangi atomlar arasında oluştuğuna ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin diğer bir işaretidir. Dahası, bir su molekülündeki atomlar arasında iyonik bağ olduğu yanlışına sahip oldukları ön testte belirlenen öğrencilerin tamamı (%6,9), öğretim sonrası bu yanlışlarını düzeltmişlerdir. Öğretim sonrasında kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle yapılan mülakatlarda, öğrencilerin hiçbirinde *iyonik bağ metal atomları arasında gerçekleşir* yanlışına rastlanılmazken, bazılarında *iyonik bağın ametal atomları arasında oluştuğu* yanlışına rastlanılmıştır. Onuncu öğrencinin bu yanlışına son testte rastlanmazken, mülakatta ise rastlanılmıştır. Buna karşılık; ön testte, son testte ve mülakatlarda bu yanlışla rastlanılan altıncı öğrencide, öğretimden uzun süre sonrasında yapılan gecikmiş testte bu yanlışla rastlanılmamıştır. Ayrıca, öğretim öncesindeki ön testte bu yanlışla sahip olduğu belirlenen on altıncı öğrencinin öğretim sonrasında son testte ve mülakattaki cevaplarında bu yanlışla rastlanılmamıştır (Bkz. Tablo 51-sayfa 258). Bu öğrencilerin durumları da, onların iyonik bağın hangi atomlar arasında oluştuğuna ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin diğer kanıtları olarak düşünülebilir.

Dördüncü soruda ortaya çıkan ve öğrencilerin sahip oldukları *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır* yanlışına, aslında onların iyonik ve kovalent bağı birbiriyle karıştırmalarının bir sonucu olabilir. Testteki altıncı soruda *iyonik bağ ametal atomları arasında gerçekleşir* yanlışını doğru olarak düşünen, soru kökü içerisinde verilen iyonik bağ tanımının hangi bağa ait olduğunun sorulduğu onuncu soruda *kovalent bağ* cevabını veren ve farklı moleküllerde atomlar arasındaki bağ türünün

sorulduğu yirmi üçüncü sorunun cevap seçeneklerinde yer alan; *iki ametal atomunun oluşturduğu molekülde iyonik bağ olduğu* ifadesinin doğru olduğunu düşünen öğrencilerin varlığı, iyonik ve kovalent bağın öğrenciler tarafından karıştırıldığı fikrini kanıtlamaktadır. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö6 ve Ö10'un mülakatın ikinci ve üçüncü sorularına ve bu soruların alt sorularına verdikleri cevaplar da (Sayfa 166, 168, 169, 172, 173, 178, 180, 181 ve 184), onların öğretim sonrasında bile iyonik ve kovalent bağı karıştırdıklarını açıkça göstermektedir. Öğrencilerin iyonik ve kovalent bağı birbiriyle karıştırdıkları daha önce yapılmış birçok çalışmada bahsedilmiştir (Taber, 1997; Tan ve Treagust, 1999; Boo, 1998; Coll ve Treagust, 2001b; Nicoll, 2001; Atasoy vd., 2003). Ancak, belirtilen yanlışlara hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında rastlanılsa da, öğretim öncesinde bu yanlışlara sahip olan öğrencilerin büyük bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür (Bkz. Tablo 16-sayfa 114). Belirtilen yanlışlara öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdeleri (ön testte: birinci yanlış %31,1; ikinci yanlış %17,2; üçüncü yanlış %27,6) öğretim sonrasında oldukça azalmıştır (son testte: birinci yanlış %13,8; ikinci yanlış %6,9; üçüncü yanlış %3,5). Ayrıca, öğretim öncesindeki ön testte *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır* yanlışına sahip oldukları belirlenen kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö4, Ö5 ve Ö16'nın öğretim sonrasında yanlışlarını düzeltmeleri de; onların iyonik bağla ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir kanıtıdır. Yirmi üçüncü sorunun cevap seçeneklerinde yer alan ve öğrencilerin *iki ametal atomunun oluşturduğu molekülde iyonik bağ olduğu* yanlışına sahip olduklarını gösteren seçeneği, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden ön, son ve gecikmiş testlerde işaretleyen bulunmamıştır. Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden altıncı sorudaki *iyonik bağ ametal atomları arasında gerçekleşir* yanlışına sahip olanların durumlarından da bir önceki paragrafta bahsedilmiştir. Belirtilen durumlar, öğretim öncesinde iyonik ve kovalent bağı karıştıran öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Altıncı soruda ortaya çıkan ve öğrencilerin sahip oldukları *iyonik bağ metallar arasında gerçekleşir* yanlışını, aslında onların iyonik ve metalik bağı birbiriyle karıştırmalarının bir sonucu olabilir. Soru kökü içerisinde verilen iyonik bağ tanımının hangi bağa ait olduğunun sorulduğu onuncu soruda, *metalik bağ* cevabını içeren seçeneğin doğru olduğunu düşünen öğrencilerin varlığı da öğrencilerdeki bu durumu desteklemektedir. Bu yanlışların olası nedenlerinden biri, öğrencilerin öğrendikleri

bilgileri birbiriyle karıştırmalarıdır (Bkz. Ek 5). Ancak, belirtilen yanlışlara öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin tamamı bu yanlışlarını düzeltmişlerdir. Her iki yanlış da ön testte öğrencilerin %10,3'ü tarafından doğru kabul edilirken, son testte bu iki yanlışta öğrencilerde hiç rastlanmamıştır. Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle öğretim sonrasında yapılan mülakatlarda da iyonik bağı metallerle yanlış ilişkilendiren herhangi bir öğrenciye rastlanılmamıştır. Hem teste hem de mülakatlara verilen öğrenci cevapları, öğretim öncesinde iyonik ve metalik bağı karıştıran öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Öğrencilerin iyonik bağla ilgili yanlışlara sahip oldukları diğer bir alan ise iyonik bileşiklerin örgü yapılarıdır. Testte, öğrencilerin bahsedilen bu alanla ilgili anlamalarını araştıran on dokuzuncu sorunun cevap seçenekleri arasında yer alan *bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından iyonik bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir ve yan yana bulunan çok sayıdaki Na ve Cl atomları düşünüldüğünde; hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığını bilmediğimiz sürece iyonik bağın yerini belirlemek imkansızdır* yanlışlarının doğru olduğunu düşünen öğrencilerin varlığı, bu duruma açıkça işaret etmektedir. Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö1, Ö6 ve Ö10'un mülakatın sekizinci sorusunun "*Sofra tuzunun yapısını açıklar mısınız? Sofra tuzu moleküler yapıda mıdır? Sofra tuzunun bir molekül şekli var mı? Varsa nasıldır?*" alt sorusuna verdiği cevaplar da (Sayfa 244 ve 245), onların öğretim sonrasında bile iyonik bileşiklerin örgü yapısından haberdar olmadıklarını; sodyum klorürün moleküler yapıya sahip olduğunu, sadece bir sodyumla bir klorun birbirine kimyasal bağla bağlı olduğunu ve diğer sodyum klorür molekülleriyle yaptıkları bağların birer moleküller arası kuvvet olduğunu düşündüklerini açıkça göstermektedir. Öğrencilerin iyonik bileşiklerin örgülü yapılarıyla ilgili benzer yanlışları; Boo (1998), Tan ve Treagust (1999), Taber (1994, 1997), Butts ve Smith (1987), Atasoy vd. (2003), Harrison ve Treagust (2000) ve Robinson (1998) tarafından da rapor edilmiştir. Öğrencilerin bu tür yanlışlara sahip olmalarının en önemli iki sebebinin; molekül kavramının her madde için geçerli olacağını düşünmeleri ve örgülü yapıları zihinlerinde canlandırmakta güçlük çekmeleri olduğu düşünülmektedir (Bkz. Ek 5). Ancak, iyonik bileşiklerin örgü yapılarıyla ilgili olarak belirtilen yanlışlara öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin büyük bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür (Bkz. Tablo 16-sayfa 114). Örneğin; on dokuzuncu sorunun

cevap seçeneklerinde yer alan; *bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından iyonik bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir ve yan yana bulunan çok sayıdaki Na ve Cl atomlarını düşünülürken, hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığını bilmediğimiz sürece iyonik bağın yerini belirlemek imkansızdır* yanlışlarına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdeleri (ön testte: birinci yanlış %51,7; ikinci yanlış %24,1) öğretim sonrasında büyük oranlarda azalmıştır (son testte: birinci yanlış %10,3; ikinci yanlış %0). Ayrıca, her ne kadar yukarıda bahsedilen Ö1, Ö6 ve Ö10'un öğretim sonrası yapılan mülakatlarda örgü yapılarıyla ilgili yanlışları devam etmiş olsa da, öğretim öncesindeki ön testte *yan yana bulunan çok sayıdaki Na ve Cl atomlarını düşünülürken, hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığını bilmediğimiz sürece iyonik bağın yerini belirlemek imkansızdır* yanlışısına sahip oldukları belirlenen Ö4 ve Ö5 ile ön testte *bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından (iyonik) bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir* yanlışısına sahip olduğu belirlenen Ö16'nın mülakatlarda verdikleri cevaplarda bu yanlışlarına rastlanılmamıştır. Hem son teste hem de mülakatlara verilen öğrenci cevapları, öğretim öncesinde iyonik bileşiklerin örgü yapılarıyla ilgili yanlışlara sahip olan öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Çalışmada kullanılan veri toplama araçlarından iyonik bağla ilgili öğrenci anlamalarına yönelik olarak elde edilen bulgular, hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında öğrencilerin iyonik bağla ilgili bazı yanlışlara sahip olduklarını, ancak bu yanlışlara öğretim sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelerinin öğretim öncesinde sahip olanlarınkine göre çok daha düşük olduğunu göstermiştir (Tablo 16). Başka bir ifadeyle çalışmada elde edilen bulgular, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin iyonik bağla ilgili anlamalarını geliştirdiğini ve öğrencilerin ilişkili kavram yanlışlarını gidermede büyük ölçüde başarılı olduğuna işaret etmektedir.

4.1.3. Kovalent Bağla İlgili Yanlışların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Testteki 3, 5, 7, 8, 11, 14 ve 24. sorular öğrencilerin kovalent bağla ilgili anlamalarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu sorular ile kovalent bağın nasıl

gerçekleştiği, hangi atomlar arasında gerçekleştiği, kovalent bağ türleri ve kovalent bağlı bileşiklerin özellikleri gibi konulardaki öğrenci fikirleri araştırılmaktadır. Diğer veri toplama aracı olan mülakatlarda ise öğrencilerin kovalent bağla ilgili anlamalarını araştıran bir ana soru (mülakatın üçüncü sorusu) ve iki alt soru yer almaktadır. Bu bölümde öğrencilerin her iki veri toplama aracındaki bu sorulara verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların kovalent bağla ilgili anlamalarında gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır.

Testteki 3, 5, 7, 8, 11, 14 ve 24. sorulara ön ve son testlerde verilen doğru cevap yüzdeleri, öğrencilerin kovalent bağla ilgili başarı düzeylerinde gerçekleşen değişime işaret etmektedir. Doğru cevaplanma yüzdesi olarak en düşük artışın gerçekleştiği testteki üçüncü soru öğretim öncesinde öğrencilerin %69'u tarafından doğru cevaplanırken, öğretimden sonra öğrencilerin %89,6'sı tarafından doğru cevaplanmıştır. Doğru cevaplanma yüzdesi olarak en yüksek artışın olduğu yirmi dördüncü soru ise öğretim öncesinde öğrencilerin yaklaşık onda biri (%10,3) tarafından doğru cevaplanırken, öğretimden sonra bu soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin yüzdesi (%41,4) dört kat artmıştır. Benzer şekilde, testteki 2, 4, 10 ve 23. soruları doğru cevaplayan öğrencilerin yüzdelerinde de öğretim sonrasında artış gözlemlenmiştir. Özetle, kovalent bağla ilgili farklı sorulardaki benzer bulgu, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin kovalent bağla ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve onların başarılarını artırdığına işaret etmektedir. Ayrıca, öğretim sonrası sadece öğrencilerin başarılarında bir artış gözlemlenmemiş; yanlışlara sahip olan öğrenci sayılarında azalmalar da görülmüştür. Kovalent bağla ilgili hangi yanlışlarda, ne düzeyde bir değişimin sağlandığı, yani öğrencilerin kovalent bağla ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişime işaret eden bulgular ilerleyen paragraflarda ayrı ayrı irdelenmiştir.

Öğrencilerin kovalent bağla ilgili anlamakta güçlük çektikleri ve yanlışlara sahip oldukları alanlardan ilki; kovalent bağın nasıl gerçekleştiğidir. Testte, öğrencilerin bahsedilen bu alanla ilgili anlamalarını araştıran üçüncü sorunun cevap seçenekleri arasında yer alan *kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar iki atom arasında bölünür ve kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar bir atomdan diğerine verilir* yanlışlarının doğru olduğunu düşünen öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrasındaki varlığı, bu duruma açıkça işaret etmektedir. Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö6 ve Ö10'un mülakatın kovalent bağla ilgili üçüncü sorusunun "*kovalent bağ bu tür atomlar arasında*

nasıl gerçekleşir?” alt sorusuna verdikleri cevaplar (sayfa 178), onların öğretim sonrasında bile kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar bir atomdan diğerine verilir yanılığına sahip olduklarını göstermektedir. Bağ oluşumu sırasında elektronlar iki atom arasında bölünür (Boo, 1998; Eshach ve Garik, 2001) ve kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar bir atomdan diğerine verilir (Taber, 1997b; Boo, 1998; Tan ve Treagust, 1999; Nicoll, 2001) yanılığları daha önce farklı çalışmalarda da bahsedilmiştir. Diğer birçok yanılığda olduğu gibi, bu yanılığlarında en önemli olası nedenleri; öğrencilerin konuyla ilgili sadece ezbere bazı bilgilere sahip olmaları ve moleküler boyutla ilgili zayıf anlamalara sahip olmalarıdır (Bkz. Ek 5). Ancak, belirtilen yanılığlara öğretim öncesi ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16, sayfa 114); öğretim öncesinde bu yanılığlara sahip öğrencilerin büyük bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür. Testteki üçüncü sorunun cevap seçeneklerinde yer alan; kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar iki atom arasında bölünür ve kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar bir atomdan diğerine verilir yanılığlarına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdeleri (ön testte: birinci yanılığ %24,1; ikinci yanılığ %6,9) öğretim sonrasında azalmıştır (son testte: birinci yanılığ %6,9; ikinci yanılığ %3,5). Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö10’un öğretim öncesinde sahip olduğu kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar iki atom arasında bölünür yanılığına, Ö4’ün öğretim öncesinde sahip olduğu atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında kovalent bağ oluşur yanılığına ve Ö16’nın öğretim öncesinde sahip olduğu atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında kovalent bağ oluşur yanılığına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Hem son teste hem de öğretim sonrası yapılan mülakatlara verilen öğrenci cevapları, öğretim öncesinde kovalent bağın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili yanılığlara sahip olan öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Öğrencilerin kovalent bağla ilgili olarak anlamakta güçlük çektikleri ve yanılığlara sahip oldukları alanlardan bir diğeri; kovalent bağın hangi atomlar arasında gerçekleştiğidir. Testte, öğrencilerin bahsedilen bu alanla ilgili anlamalarını araştıran beşinci sorunun cevap seçenekleri arasında yer alan *kovalent bağ iki metal arasında gerçekleşir, kovalent bağ metaller ile ametaller arasında gerçekleşir ve kovalent bağ soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir* yanılığlarının doğru olduğunu düşünen öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrasındaki varlığı, bu duruma açıkça işaret etmektedir.

Daha önce de ifade edildiği gibi, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö6 ve Ö10'un mülakatın kovalent bağla ilgili üçüncü sorusunun “*kovalent bağ hangi atomlar arasında gerçekleşir?*” alt sorusuna verdikleri cevaplar (sayfa 178) da, onların öğretim sonrasında bile *kovalent bağ metallere ile ametaller arasında gerçekleşir* yanılığısına sahip olduklarını göstermektedir. *Kovalent bağın metallere ile ametaller arasında gerçekleştiği* yanılığısı Tan ve Treagust (1999)' un çalışmasında da ortaya çıkmıştır. Öğrencilerdeki bu yanılığının onların kovalent ve iyonik bağı birbiriyle karıştırmalarının bir sonucu olduğu düşünülürse, aynı sonuç Taber (1997b), Boo (1998), Coll ve Treagust (2001b), Nicoll (2001) ve Atasoy vd. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda da ortaya çıkmıştır. Ancak, belirtilen yanılığılara öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin büyük bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür (Bkz. Tablo 16-sayfa 114). Örneğin; testteki beşinci sorusunun cevap seçeneklerinde yer alan; *kovalent bağ iki metal arasında gerçekleşir* ve *kovalent bağ metallere ile ametaller arasında gerçekleşir* yanılığlarına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdeleri (ön testte: birinci yanılığ %48,3; ikinci yanılığ %24,1) öğretim sonrasında büyük oranlarda azalmıştır (son testte: birinci yanılığ %17,1; ikinci yanılığ %13,8). Beşinci sorunun cevap seçeneklerinde yer alan diğer yanılığlardan farklı olarak, *kovalent bağ soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir* yanılığısına öğretim öncesinde sahip olduğu belirlenen bir öğrenci, öğretim sonrasında bu yanılığısını devam ettirmiştir. Testten elde edilen verilerin yanı sıra; kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö16'nın öğretim öncesinde sahip olduğu *kovalent bağ iki metal arasında gerçekleşir* yanılığısına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Hem son teste hem de mülakatlara verilen öğrenci cevapları, öğretim öncesinde kovalent bağın hangi atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili yanılığılara sahip olan öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Testin üçüncü sorusunda yer alan *kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar iki atom arasında bölünür* ve *kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar bir atomdan diğerine verilir* yanılığıları, beşinci soruda yer alan *kovalent bağ metallere ile ametaller arasında gerçekleşir* yanılığısı ve yedinci soruda yer alan *polar kovalent bağda elektronlar bir atomdan diğerine verilir* yanılığısının doğru olduğunu düşünen ve su molekülünde atomlar arasındaki bağ türünün sorulduğu sekizinci soruya *iyonik bağ* cevabını veren öğrencilerin varlığı, onların iyonik ve kovalent bağı karıştırdıklarına işaret edebilir. Bölüm 4.1.2'de belirtildiği gibi (sayfa 275), testte iyonik bağla ilgili sorulara (4, 6, 10 ve 23.)

verilen öğrenci cevapları da onların bu iki bağ türünü birbiriyle karıştırdıkları fikrini desteklemektedir. Ayrıca, Ö6 ve Ö10'un öğretim sonrasında yapılan mülakatlardaki ikinci ve üçüncü sorulara verdikleri açıklamalar da (Sayfa 166, 168, 169, 172, 173, 178, 180, 181 ve 184), onların iyonik ve kovalent bağı karıştırdıklarını ve bu iki kavramı birbirinin yerine kullandıklarını açıkça göstermektedir. Çünkü bu öğrencilerin açıklamalarına dikkatle bakıldığında; onların iyonik bağ için verdikleri açıklamaların iyonik bağ için doğru olmamasına karşılık kovalent bağ için tamamen doğru olduğu gözlemlenmektedir. Benzer şekilde, onların kovalent bağ için verdikleri açıklamaların kovalent bağ için doğru olmamasına karşılık iyonik bağ için tamamen doğru olduğu görülmektedir. Ancak, öğrencilerin iyonik ve kovalent bağı karıştırdıklarına işaret eden yanılgılara öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin büyük bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür (Bkz. Tablo 16-sayfa 114). Örneğin; testteki yedinci soruda yer alan *polar kovalent bağda elektronlar bir atomdan diğerine verilir* yanılığının doğru olduğunu düşünen öğrencilerin yüzdesinde de bir azalma görülmüştür (ön testte %24,1; son testte %6,9). Suyu oluşturan atomlar arasındaki bağ türünün sorulduğu sekizinci soruya öğretim öncesinde *iyonik bağ* cevabını veren öğrencilerin (%6,9) tamamı, öğretim sonrasında bu yanılgılarını düzeltmişlerdir. Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö10'un öğretim öncesinde sahip olduğu *kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar iki atom arasında bölünür* yanılığına, Ö4'ün öğretim öncesinde sahip olduğu *atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında kovalent bağ oluşur* yanılığına ve Ö16'nın öğretim öncesinde sahip olduğu *kovalent bağ iki metal arasında gerçekleşir ve atomlardan biri elektron kaybettiği, diğeri ise kazandığı zaman iki atom arasında kovalent bağ oluşur* yanılığına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Bölüm 4.1.2'de öğrencilerin iyonik ve kovalent bağı karıştırdıklarını gösteren diğer test maddeleri, bu test maddelerindeki yanılgılar, yanılgıların olası nedenleri ve bu yanılgılara sahip öğrenci yüzdelilerindeki değişim detaylı olarak bahsedilmektedir. Hem bu kısımda hem de Bölüm 4.1.2'de tartışılan bulguların, öğretim öncesinde iyonik ve kovalent bağı karıştıran öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişime işaret ettiği ifade edilebilir.

Öğrencilerin kovalent bağla ilgili olarak anlamakta güçlük çektikleri ve yanılgılara sahip oldukları alanlardan bir diğeri ise; kovalent bağın türleri, yani polar ve apolar kovalent bağlardır. Öğrencilere polar kovalent bağda elektronların pozisyonununun

sorulduğu yedinci sorunun cevap seçenekleri arasında yer alan *polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır* yanılığının ve öğrencilerden HF molekülü için verilen bilgilerden doğru olanını seçmelerinin istendiği on dördüncü sorunun cevap seçeneklerinde yer alan *hidrojen ve flor kovalent bağ oluşturdıkları için elektron çifti merkezde yerleşir* yanılığının doğru olduğunu düşünen öğrencilerin ön ve son testlerdeki varlığı bu duruma açıkça işaret etmektedir. Ayrıca, suyu oluşturan atomlar arasındaki bağ türünün sorulduğu sekizinci soruda *apolar kovalent bağ* cevabını veren öğrencilerin ön ve son testlerdeki varlığı da, onların polar ve apolar kovalent bağla ilgili zayıf anlamalara sahip olduklarını göstermektedir. Benzer durum, öğretimin ardından kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle yapılan mülakatlarda da tespit edilmiş, Ö1 ve Ö10'un mülakatın farklı sorularına (mülakatın altıncı ve yedinci soruları ile sekizinci sorunun bazı alt soruları) verdikleri cevaplar onların bu iki kavramı birbirinin yerine kullandıklarını ve *polar kovalent bağın aynı cins atomlar, apolar kovalent bağın ise farklı cins atomlar arasında oluştuğu* yanılığına sahip olduklarını göstermiştir (Bkz. Sayfa 208, 209, 212, 213, 214, 215, 219, 220, 223, 225, 228, 234, 235). Öğrencilerin *polar* ve *apolar* kavramlarını birbiriyle karıştırdıkları Nicoll (2001) tarafından yapılan çalışmada; *tüm kovalent bağlarda bağ elektronları her iki atoma da eşit uzaklıktadır* yanılığına sahip oldukları ise Peterson vd. (1989), Peterson ve Treagust (1989), Birk ve Kurtz (1999) ve Atasoy vd. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda da bahsedilmiştir. Öğrencilerin konuyla ilgili sadece ezbere bazı bilgilere sahip olmaları, elektronegatiflik kavramını tam anlamamış olmaları ve polar-apolar kelimelerinin İngilizce olması, onların bu tür yanılığlara sahip olmalarının nedenlerinden bazılarıdır (Bkz. Ek 5). Ancak, bahsedilen yanılığlara öğretim öncesi ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında; (Tablo 16, sayfa 114); öğretim öncesinde bu alanla ilgili yanılığlara sahip öğrencilerin büyük bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür. Testteki yedinci soruda yer alan *polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır* yanılığına ve on dördüncü soruda yer alan *hidrojen ve flor kovalent bağ oluşturdıkları için elektron çifti merkezde yerleşir* yanılığına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdeleri (ön testte: birinci yanılığ %44,8; ikinci yanılığ %20,7) öğretim sonrasında büyük oralarda azalmıştır (son testte: birinci yanılığ %17,2; ikinci yanılığ %6,9). Bu alanla ilgili belirtilen yanılığlardan farklı olarak, sekizinci sorudaki *suju oluşturan atomlar arasında apolar kovalent bağ olduğu* yanılığına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdesinde bir değişme gözlenmemiştir (%10,3). Testlerden elde edilen verilerin yanı sıra,

kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö4, Ö5 ve Ö16'nın öğretim öncesinde sahip oldukları *polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır* yanılığına öğretim sonrasında son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Hem son teste hem de mülakatlara verilen öğrenci cevapları, öğretim öncesinde kovalent bağın türleriyle ilgili yanılığlara sahip olan öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Öğrencilerin kovalent bağla ilgili yanılığlara sahip oldukları alanlardan sonuncusu da; kovalent örgülü yapıların özellikleridir. Elmas ve grafitin örgü yapıları ve özellikleriyle ilgili öğrenci anlamalarını araştıran yirmi dördüncü sorunun cevap seçenekleri arasında yer alan; *“Grafitte karbon atomları birbirine sıkı bağlanmadığından atomlardan bazıları bağ yapmazlar ve molekül içerisinde serbest hareket ederler. Bu nedenle grafit elektriği iletir”*, *“Grafit elektriği iletir. Çünkü grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bunlar elektriği iletirler”* ve *“Grafit elektriği iletir çünkü birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakalarına sahiptir”* yanılığlarına sahip öğrencilerin ön ve son testlerdeki varlığı bu duruma açıkça işaret etmektedir. Benzer durum, öğretim ardından kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle yapılan mülakatlarda da tespit edilmiş, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö10'un *grafitin elektrik iletkenliğinin sebebinin; yapısında bağ yapmayan ve boşta olan atomların bulunmasıdır* yanılığına; Ö1'in ise *grafitin elektrik iletkenliğinin sebebinin; birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakalarına sahip olmasıdır* yanılığına sahip oldukları belirlenmiştir (Bkz. Sayfa 174, 186). Grafitin elektrik iletkenliğiyle ilgili benzer yanılığlar Tan ve Treagust (1999)'un çalışmasında da ifade edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin kovalent örgüler hakkında bazı kavram yanılığlarına sahip oldukları Peterson vd. (1989)'nin çalışmasında da ifade edilmektedir. Grafit ve elmas gibi kovalent örgülü yapıların Lise 1 düzeyinde oldukça yüzeysel işlenmesi veya hiç işlenmemesi ve öğrencilerin bu yapıları zihinlerinde canlandırmakta zorlanmaları öğrencilerin bu tür yanılığlara sahip olmalarının en önemli sebeplerindendir (Bkz. Ek 5). Ancak, bu alandaki yanılığlara öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür (Bkz. Tablo 16-sayfa 114). Belirtilen her üç yanılığa öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdeleri (ön testte: birinci yanılığ %31,1; ikinci yanılığ %24,1; üçüncü yanılığ %20,7) öğretim sonrasında düşmüştür (son testte: birinci yanılığ %20,7; ikinci yanılığ %13,8; üçüncü yanılığ %17,2). Belirtilen yanılığlara sahip olan öğrenci yüzdelerinde öğretim sonrası gözlemlenen azalma mülakatlarda da kendini göstermiştir. Kavramsal değişimin

ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö16'nın öğretim öncesinde sahip olduğu *grafit elektriği iletir çünkü birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakalarına sahiptir* yanılığına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Hem son testte hem de mülakatlara verilen öğrenci cevapları, öğretim öncesinde kovalent örgülü yapıların özellikleriyle ilgili yanılığlara sahip olan öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Çalışmada kullanılan veri toplama araçlarından kovalent bağla ilgili öğrenci anlamalarına yönelik olarak elde edilen bulgular, hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında öğrencilerin kovalent bağla ilgili bazı yanılığlara sahip olduklarını, ancak bu yanılığlara öğretim sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelerinin öğretim öncesinde sahip olanlarınkine göre çok daha düşük olduğunu göstermiştir (Tablo 16). Başka bir ifadeyle çalışmada elde edilen bulgular, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin kovalent bağla ilgili anlamalarını geliştirdiğini ve öğrencilerin ilişkili kavram yanılıklarını gidermede büyük ölçüde başarılı olduğuna işaret etmektedir.

4.1.4. Metalik Bağla İlgili Yanılığların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Testteki on sekizinci soru öğrencilerin metalik bağla ilgili anlamalarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. On sekizinci soru haricinde, onuncu soruya verilen öğrenci cevapları da onların metalik bağla ilgili anlamalarına ışık tutmaktadır. Ayrıca, diğer veri toplama aracı olan mülakatlarda ise öğrencilerin metalik bağla ilgili anlamalarını araştıran bir ana soru (mülakatın dördüncü sorusu) ve bir alt soru yer almaktadır. Bu bölümde öğrencilerin her iki veri toplama aracındaki bu sorulara verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların metalik bağla ilgili anlamalarında gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır.

Testteki 18. soruya ön ve son testlerde verilen doğru cevap yüzdeleri, öğrencilerin metalik bağla ilgili başarıları düzeylerinde öğretim sonrasında gerçekleşen değişime işaret etmektedir. Testteki bu soru öğretim öncesinde öğrencilerin yaklaşık dörtte biri (%24,1) tarafından doğru cevaplanırken, öğretimden sonra doğru cevap veren öğrencilerin yüzdesi yaklaşık üç kat artmış ve öğrencilerin çoğunluğu (%65,5) tarafından doğru cevaplanmıştır. Bu durum, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin metalik bağla ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve onların başarılarını artırdığına işaret etmektedir. Ayrıca,

öğretim sonrası sadece öğrencilerin başarılarında bir artış gözlemlenmemiş; yanlışlara sahip olan öğrenci sayılarında azalmalar da görülmüştür. Metalik bağla ilgili hangi yanlışlarda, ne düzeyde bir değişimin sağlandığı, yani öğrencilerin metalik bağla ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişime işaret eden bulgular ilerleyen paragraflarda ayrı ayrı irdelenmiştir.

Metalik bağa ilişkin öğrencilerin sahip oldukları belirlenen yanlışlardan ilki; Bölüm 4.1.3'te de belirtilen *metalik bağın metal atomları arasında elektron alış verişi şeklinde oluştuğudur*. Testteki onuncu ve on sekizinci sorulara hem ön testte hem de son testte verilen öğrenci cevapları, onların bu yanlışya sahip olduklarını açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö6'nın mülakatın dördüncü sorusunun "*Metalik bağ bu tür atomlar arasında nasıl gerçekleşir?*" alt sorusuna verdiği cevaplar da onun bu yanlışya sahip olduğunu göstermektedir (sayfa 191). Bu yanlış Ünal (2003)'in çalışmasında da belirlenmiştir. Öğrencilerin böyle bir yanlışya sahip olmalarının nedeni; metal atomlarını her zaman elektron vermek isteyen atomlar olarak düşünmeleri veya atomlar arasındaki bağların sadece elektron alışverişi ya da elektron ortaklaşmasıyla gerçekleşebileceğini düşünmeleri olabilir (Bkz. Ek 5). Ancak, metalik bağın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili bu yanlışya öğretim öncesinde ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16-sayfa 114); öğretim sonrasında bu yanlışya sahip olan öğrencilerin yüzdesinde büyük bir azalma olduğu görülmektedir. Atomlardan birinin elektron kaybetmesi diğerinin ise kazanması durumunda oluşan bağ türünün sorulduğu onuncu soruya; öğretim öncesindeki ön testte *metalik bağ* cevabını veren öğrencilerin tamamı (%10,3), öğretim sonrasında bu yanlışlarını düzeltmişlerdir. Ayrıca, on sekizinci sorunun cevap seçeneklerinde yer alan *metalik bağın metal atomları arasında elektron alış verişi şeklinde oluştuğu* yanılışı ön testte öğrencilerin yarısına yakını (%41,4) tarafından doğru olarak düşünülürken, uygulama sonrasında bu yanlışya sahip öğrencilerin oranı büyük oranda azalmıştır (%17,2). Bu iki durum, metalik bağın yapısı ve özelliklerine ilişkin öğrenci fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesidir. Testlerden elde edilen verilerin yanı sıra, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö1, Ö5, Ö10'un öğretim öncesinde sahip oldukları *metalik bağın metal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleştiği* yanılışına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmaması da; öğrencilerin metalik bağın nasıl gerçekleştiğine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişime açıkça işaret etmektedir.

Metalik bağa ilişkin öğrencilerin sahip oldukları belirlenen yanlışlardan ikincisi ise; *metalik bağın metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiği*dir. Testteki on sekizinci soruya hem ön testte hem de son testte verilen öğrenci cevapları, onların bu yanlışlarına açıkça işaret etmektedir. Ayrıca, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö4'ün mülakatın dördüncü sorusunun "*Metalik bağ bu tür atomlar arasında nasıl gerçekleşir?*" alt sorusuna verdiği cevaplar da onun bu yanlışlığına sahip olduğunu göstermektedir (sayfa 189). Bu yanlışlığı Ünal (2003)'ın çalışmasında da belirlenmiştir. Öğrencilerin atomlar arasındaki bağ oluşumunun sadece elektron alışverişi ya da elektron ortaklaşmasıyla gerçekleşebileceğini düşünmeleri bu yanlışlığın da önemli olası nedenlerinden biridir (Bkz. Ek 5). Ancak, metalik bağın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili belirtilen yanlışlığı öğretim öncesinde ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16-sayfa 114); bu yanlışlığına sahip olan öğrencilerin yüzdesinde öğretim sonrasında büyük bir azalma olduğu görülmektedir. Öğretim öncesinde bu yanlışlığına sahip öğrencilerin yarısının, öğretim sonrasında yanlışlarını düzelttikleri ortaya çıkmıştır (ön testte %20,7; son testte %10,3). Belirtilen yanlışlığına sahip öğrenci yüzdelerinde öğretim sonrası gözlemlenen azalma mülakatlarda da kendini göstermiştir. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö16'nın öğretim öncesinde sahip olduğu *metalik bağın metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiği* yanlışlığına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Hem teste hem de mülakatlara verilen cevaplar; öğrencilerin metalik bağın nasıl gerçekleştiğine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir diğer kanıtı olarak düşünülebilir.

Metalik bağa ilişkin öğrencilerin sahip oldukları belirlenen yanlışlardan üçüncüsü ise; *metalik bağın metal atomları arasındaki Van der Waals çekim kuvvetleriyle oluştuğudur*. Testteki on sekizinci soruya sadece ön testte verilen öğrenci cevaplarından bazıları (%6,9), onların öğretim öncesinde sahip oldukları bu yanlışlığına açıkça işaret etmektedir. Bu yanlışlığı Ünal (2003)'ın çalışmasında da belirlenmiştir. Öğrencilerin böyle bir yanlışlığına sahip olmalarında, Van der Waals kuvvetlerinin tüm moleküller arasında var olduğunu düşünmeleri etkili olmuş olabilir. Atom ve molekül kavramını karıştıran öğrenciler, elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması olarak tanımlayamadıkları bu bağ türünü Van der Waals bağları olarak nitelendirmiş olabilirler (Bkz. Ek 5). Metalik bağın nasıl gerçekleştiğine ilişkin bu yanlışlığına son testte ve kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle yapılan mülakatlarda ise rastlanılmamıştır. Bu durum;

öğretim öncesinde bu yanılgıya sahip öğrencilerin tamamının, öğretim sonrasında yanılgılarını devam ettirmediklerinin ve fikirlerini bilimsel fikirlerle değiştirdiklerinin bir kanıtıdır.

Elde edilen bulgular, hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında öğrencilerin metalik bağla ilgili bazı yanılgılara sahip olduklarını, ancak bu yanılgılara öğretim sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelерinin öğretim öncesinde sahip olanlarınkine göre çok daha düşük olduğunu göstermiştir. Başka bir ifadeyle çalışmada elde edilen bulgular, konunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretim materyali ile birlikte kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasının öğrencilerin metalik bağla ilgili anlamalarını geliştirdiğini ve onların metalik bağın yapısı ve özelliklerine ilişkin sahip oldukları kavram yanılgılarını gidermede oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

4.1.5. Moleküller Arası Kuvvetlerle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Bu bölümde öğrencilerin hem ön ve son testlerde verdikleri cevaplar hem de mülakatlarda yaptıkları açıklamalar dikkate alınarak, onların öğretim öncesi ve sonrasındaki başarı durumları karşılaştırılmış, moleküller arası kuvvetlerle ilgili hangi yanılgılara sahip oldukları ve öğretim sonrasında fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır. Moleküller arası kuvvetlerle ilgili öğrenci anlamlarında meydana gelen kavramsal değişime ilişkin elde edilen bulgular, daha ayrıntılı ve okuyucu için daha anlaşılır olması bakımından “*Genel Olarak Moleküller Arası Kuvvetlerle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması*”, “*Hidrojen Bağıyla İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması*”, “*Van der Waals Kuvvetleriyle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması*” ve “*Dipol-Dipol Kuvvetleriyle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması*” olmak üzere dört ayrı başlık altında incelenmiştir.

4.1.5.1. Genel Olarak Moleküller Arası Kuvvetlerle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Testteki on altıncı soru öğrencilerin genel olarak moleküller arası kuvvetlerle ilgili anlamalarını ölçmektedir. On altıncı soru haricinde, moleküller arası kuvvetlerin farklı türlerine ilişkin öğrenci anlamalarını araştıran 8, 13, 20, 21 ve 22. sorulara verilen cevaplar da dolaylı olarak onların genel olarak moleküller arası kuvvetlerle ilgili anlamalarına ışık tutmaktadır. Ayrıca, diğer veri toplama aracı olan mülakatlarda da öğrencilerin moleküller arası kuvvetler ile ilgili anlamalarını araştıran sorular (beşinci, altıncı, yedinci sorular ile sekizinci ve dokuzuncu soruların birer alt sorusu) yer almaktadır. Bu bölümde öğrencilerin her iki veri toplama aracındaki bu sorulara verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların moleküller arası kuvvetlerle ilgili anlamalarında gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır.

Testte öğrencilerin moleküller arası kuvvetlerle ilgili anlamalarını ölçmeyi amaçlayan on altıncı soruya ön ve son testlerde verilen doğru cevap yüzdeleri, öğrencilerin moleküller arası kuvvetlerle ilgili başarı düzeylerinde gerçekleşen değişime işaret etmektedir. Ön testte öğrencilerin yaklaşık yarısı (%51,7) tarafından doğru cevaplanan bu soru, öğretim sonrasında yapılan son testte ise öğrencilerin yaklaşık dörtte üçü (%72,4) tarafından doğru cevaplanmıştır (Bkz. Tablo 11-sayfa 107 ve Tablo 13-sayfa 110). Aslında farklı moleküller arası kuvvetlerle ilgili öğrenci anlamalarını araştıran diğer sorulara (8, 13, 20, 21 ve 22) verilen doğru cevap yüzdelerinde de öğretim sonrasında artış görülmüştür. (Bkz. Tablo 11-sayfa 107 ve Tablo 13-sayfa 110). Belirtilen durumlar, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin genel olarak moleküller arası kuvvetlerle ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve onların başarılarını artırdığına işaret etmektedir. Ayrıca, öğretim sonrası öğrencilerin sadece başarılarında bir artış gözlenmemiş, bu alanla ilgili yanılgılara sahip olan öğrencilerin yüzdelerinde de azalmalar olmuştur. Genel olarak moleküller arası kuvvetlerle ilgili hangi yanılgılarda ne düzeyde bir değişimin sağlandığı ilerleyen paragraflarda ayrı ayrı irdelenmiştir.

Moleküller arası kuvvetlere ilişkin öğrencilerin sahip oldukları en önemli yanılgı; *moleküller arası kuvvetlerin molekülleri oluşturan atomlar arasındaki kuvvetler olduğudur*. Testteki on altıncı soruya hem ön testte hem de son testte verilen öğrenci cevapları, onların sahip oldukları bu yanlış fikre işaret eden üç yanılgıyı içermektedir. Su

molekülündeki atomlar arasındaki bağ türünün sorulduğu sekizinci soruya; *hidrojen bağı* cevabını veren ve verilen moleküller arası kuvvetleri ve kimyasal bağları kuvvetlerine göre büyükten küçüğe sıralamalarının istendiği yirmi birinci soruda; moleküller arası kuvvetleri kimyasal bağlarla eşdeğer sayan sıralamaları veya moleküller arası kuvvetleri kimyasal bağlardan daha güçlü olduğunu ifade eden sıralamaları doğru cevap olarak işaretleyen öğrencilerin varlığı da, onların moleküller arası kuvvetleri molekül içi bağlar olarak düşündükleri sonucunu desteklemektedir. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö10'un mülakatın farklı sorularına (birinci, beşinci, altıncı sorusu ve yedinci sorusu ile sekizinci sorunun beşinci alt sorusu) verdiği cevaplar (sayfa 154, 164, 198, 203, 208, 212, 213, 219, 223, 228, 234); onun moleküller arası kuvvetleri molekül içi bağlar olarak düşündüğünü göstermektedir. Ayrıca, Ö6'nın mülakatın beşinci sorusu ve onun alt sorusu ile mülakatın sekizinci sorusu ve beşinci alt sorusuna verdiği cevaplar da (sayfa 197, 228); onun bahsedilen fikrine işaret etmektedir. Moleküller arası kuvvetleri molekül içi bağlar olarak düşünen ve molekül içi bağlar ile moleküller arası kuvvetleri birbirine karıştıran öğrencilerin varlığı literatürdeki birçok çalışmada bahsedilmiştir (Treagust, 1988; Goh vd., 1993; Taber, 1998; Barker ve Millar, 2000; Peterson vd., 1989; Taylor ve Lucas, 1997; De Posada, 1997). Öğrencilerin atom ve molekül kavramlarını karıştırmaları, molekül içi ve moleküller arası bağları ayırt edememeleri ve ders kitaplarında moleküller arası kuvvetlerin “Diğer Bağ Çeşitleri” başlığı altında verilmesi; öğrencilerin bu yanılgılara sahip olmalarındaki bazı olası nedenlerdir (Bkz. Ek 5). Ancak, öğrencilerin moleküller arası kuvvetleri molekül içi bağlar olarak düşündüklerine işaret eden yanılgılara ön ve son testlerde sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16-sayfa 114); öğretim öncesinde bu yanılgılara sahip olan öğrencilerin büyük bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür (Bkz. Tablo 16-sayfa 114). Örneğin; on altıncı soruda yer alan; “*moleküller arası kuvvetler moleküller içerisindeki kuvvetlerdir*”, “*bir madde hal değiştirirken moleküller içerisindeki kovalent bağlar kırılır*” ve “*bir su molekülünde hidrojen ve oksijen atomlarını bir arada tutan bağ; hidrojen bağıdır*” yanılgılarına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdeleri (ön testte: birinci yanılğı %6,9; ikinci yanılğı %20,7; üçüncü yanılğı %20,7) öğretim sonrasında oldukça azalmıştır (son testte: birinci yanılğı %0; ikinci yanılğı %13,8; üçüncü yanılğı %%10,3). Benzer şekilde, su molekülündeki atomlar arasındaki bağ türünün sorulduğu sekizinci soruya öğretim öncesinde çok büyük bir öğrenci grubu tarafından *hidrojen bağı* cevabı verilirken (%65,6), bu öğrencilerin yarısından fazlası yanılgılarını öğretim sonrasında düzeltmişlerdir (son

testte %27,2). Ayrıca, verilen moleküller arası kuvvetleri ve kimyasal bağları kuvvetlerine göre büyükten küçüğe sıralamalarının istendiği yirmi birinci soruda; moleküller arası kuvvetlerden biri olan hidrojen bağının kimyasal bağlardan daha güçlü olduğunu ifade eden sıralamayı içeren seçenek, öğretim öncesinde öğrencilerin yaklaşık dörtte biri (%27,6) tarafından doğru olarak düşünülürken, öğretim sonrasında daha az öğrenci tarafından (%10,3) doğru olarak düşünülmüştür. Testteki ilişkili yanılgılara sahip öğrenci yüzdelerinde öğretim sonrası gözlemlenen azalma kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle yapılan mülakatlarda da ortaya çıkmış; Ö16'nın öğretim öncesinde sahip olduğu *su molekülünde hidrojen ve oksijen atomları arasında hidrojen bağı vardır* yanılgısına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Belirtilen durumlar, öğretim öncesinde moleküller arası kuvvetleri birer molekül içi bağ olarak düşünen öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

On altıncı soruda ortaya çıkan ve öğrencilerin sahip oldukları *bir madde hal değiştiren moleküller içerisindeki kovalent bağlar kırılır* yanılgısı, bir taraftan öğrencilerin moleküller arası kuvvetleri molekül içi bağlar olarak düşündüklerini gösterirken; diğer taraftan da onların erime ve kaynama gibi olaylara ilişkin zayıf anlamalarına işaret etmektedir. Bu öğrenciler çok büyük bir olasılıkla bir maddenin erime ve kaynama noktasını, o maddeyi oluşturan moleküllerdeki atomlar arasındaki bağların kuvveti ile yanlış ilişkilendirmektedirler. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö10'un mülakatın altıncı sorusunun "*Van der Waals kuvvetleri bu yapılar arasında nasıl oluşur?*" alt sorusuna verdiği cevaplar (sayfa 208), onun erime ve kaynama noktasını molekül içi bağlarla ilişkilendirdiklerini göstermektedir. Öğrencilerin erime ve kaynama noktalarını karşılaştırırken moleküller arası kuvvetleri değil, molekül içi bağları dikkate aldıkları Treagust (1988) ve Tan ve Treagust (1999) tarafından yapılan çalışmalarda da ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin böyle bir yanılgıya sahip olmalarının olası nedenleri; onların atom ve molekül kavramlarını karıştırmaları, hal değişimi sırasında maddede gerçekleşen değişimler hakkındaki bilgi eksiklikleri ve molekül içi bağlar ile moleküller arası kuvvetleri ayırt edememeleri olabilir (Bkz. Ek 5). Ancak bir önceki paragrafta da bahsedildiği gibi; bu yanılgıya öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin yüzdesinde öğretim sonrası gözlemlenen azalma, öğretimin ardından öğrenci fikirlerinde olumlu yönde bir kavramsal değişimin gerçekleştiğini göstermektedir. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden olan onuncu öğrenci haricindeki diğer öğrencilerin mülakatta

verdikleri cevaplarda, onların erime ve kaynama noktasını molekül içi bağlarla ilişkilendirdiklerini gösteren herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Bu durum da yine, öğretim sonrasında öğrencilerin bu alanla ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir sonucu olarak kabul edilebilir.

Mülakatlarda ortaya çıkan ve öğrencilerin sahip olduğu diğer bir yanlış da; *moleküller arasında herhangi bir etkileşim olmadığı* düşüncesidir. Mülakatlardaki “*Çok sayıda su molekülünün bir arada olduğu bir bardak suyu düşünelim. Bu bir bardak suda, yan yana bulunan çok sayıda su molekülü arasında herhangi bir etkileşim var mıdır? Cevabınızı açıklayınız?*” sorusuna kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden biri olan Ö6’nın verdiği cevaplar (sayfa 238); onun iki su molekülü arasında herhangi bir etkileşimin var olmadığını düşündüğünü, moleküller arası kuvvetlere ilişkin yetersiz ve zayıf anlamalara sahip olduğunu göstermektedir. Bu yanlış, sadece kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle öğretim sonrasında yapılan mülakatlar sırasında ortaya çıktığından ve öğretim öncesinde öğrencilerin bu yanlışta sahip olup olmadığı veya ne derece sahip olduğuyla ilgili bir bulgu olmadığından, öğrencilerin bu yanlışlarında öğretim sonrası nasıl bir kavramsal değişim gerçekleştiğine ilişkin herhangi bir yorum getirilmemiş, sadece öğrencilerin sahip oldukları bir yanlış olarak bu bölümde bahsedilmiştir. Moleküller arasında herhangi bir etkileşimin olmadığını düşünen öğrencilerin varlığı daha önce Ünal (2003) ve Taber (1997b)’in çalışmalarında da belirlenmiştir. Ayrıca, öğrencilerin mikroskobik boyuttaki olayları zihinlerinde canlandıramadıkları ve onları görmedikleri için genellikle kabullenmedikleri Nicoll (2001)’ün çalışmasında da ortaya çıkan bir sonuçtur. Ayrıca farklı konular için yapılan çalışmalarda da öğrencilerin mikroskobik seviyede eksikliklerinin olduğu sonucu Haidar ve Abraham (1991), Smith ve Metz (1996) ve Çalık ve Ayas (2002)’in çalışmalarında da ortaya çıkmıştır.

Elde edilen bulgular, hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında öğrencilerin moleküller arası kuvvetlerle ilgili bazı yanlışlara sahip olduklarını, ancak bu yanlışlara öğretim sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelерinin öğretim öncesinde sahip olanlarınkine göre daha düşük olduğunu göstermiştir. Başka bir ifadeyle çalışmada elde edilen bulgular, konunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretim materyali ile birlikte kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasının öğrencilerin moleküller arası kuvvetlerle ilgili anlamalarını geliştirdiğini ve onların öğretim öncesinde moleküller arası kuvvetlerle

ilgili sahip oldukları kavram yanılgılarını gidermede oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

Testte yer alan 8, 13, 20, 21 ve 22. soruların seçeneklerinde yer alan ifadelerden bazıları, onların genel olarak moleküller arası kuvvetlerle ilgili yanılgılarına işaret ettiği gibi; çoğunluğu ise spesifik olarak farklı moleküller arası kuvvetlere (Van der Waals kuvvetleri, dipol-dipol kuvvetleri ve hidrojen bağı) ilişkin yanılgılara işaret etmektedir. Bu nedenle, öğrencilerin belirtilen sorulara verdikleri cevaplardan, onların sadece genel olarak moleküller arası kuvvetlerle ilgili yanılgılarına işaret edenler bu bölümde yorumlanmış, moleküller arası kuvvetlerin farklı türleriyle ilgili spesifik yanılgılardan ise aşağıdaki bölümlerde bahsedilmiştir.

4.1.5.2. Hidrojen Bağıyla İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Testteki 8, 16 ve 21. sorular öğrencilerin hidrojen bağıyla ilgili anlamalarını ölçmektedir. Ayrıca, diğer veri toplama aracı olan mülakatlarda da öğrencilerin hidrojen bağıyla ilgili anlamalarını araştıran bir ana soru (5. soru) ve bir alt soru yer almaktadır. Bu bölümde öğrencilerin her iki veri toplama aracındaki bu sorulara verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların hidrojen bağıyla ilgili anlamalarında gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır.

Testteki 8, 16 ve 21. sorulara ön ve son testlerde verilen doğru cevap yüzdeleri, öğrencilerin hidrojen bağıyla ilgili başarı düzeylerinde gerçekleşen değişime işaret etmektedir. Testteki sekizinci soru öğretim öncesinde öğrencilerin %17,2'si tarafından doğru cevaplanırken, öğretimden sonra öğrencilerin %62,1'i tarafından doğru cevaplanmıştır. Testteki on altıncı soru öğretim öncesinde öğrencilerin %51,7'si tarafından doğru cevaplanırken, öğretimden sonra öğrencilerin %72,4'ü tarafından doğru cevaplanmıştır. Testteki yirmi birinci soru öğretim öncesinde öğrencilerin %20,7'si tarafından doğru cevaplanırken, öğretimden sonra öğrencilerin %69'u tarafından doğru cevaplanmıştır. Farklı sorulardaki benzer bulgu, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin hidrojen bağıyla ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve onların başarılarını artırdığına işaret etmektedir. Ayrıca, öğretim sonrası sadece öğrencilerin başarılarında bir artış gözlemlenmemiş; bu konuyla ilgili yanılgılara sahip olan öğrenci

sayılarında azalmalar da görülmüştür. Hidrojen bağıyla ilgili hangi yanlışlarda, ne düzeyde bir değişimin sağlandığı ilerleyen paragraflarda ayrı ayrı irdelenmiştir.

Hidrojen bağı ile ilgili öğrencilerin sahip olduğu en önemli yanlış; hidrojen bağına molekül içi bir bağ olarak düşünmeleridir. Testteki sekizinci ve on altıncı soruların cevap seçeneklerinde yer alan *bir su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı vardır* yanılığın hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonunda öğrencilerde rastlanması bunun bir göstergesidir. Ayrıca, mülakatlarda öğrencilerin hidrojen bağları ile ilgili anlamalarını araştırmak için sorulan beşinci soruya ve onun alt sorusuna Ö6 ve Ö10'un verdiği cevaplar (sayfa 197, 198, 202 ve 203), bu öğrencilerin öğretim sonrasında bile hidrojen bağına molekül içi bir bağ olarak düşündüklerini göstermektedir. Öğrencilerdeki bu yanlış Peterson vd. (1989), Peterson ve Treagust (1989), Tan ve Treagust (1999) ve Nicoll (2001)'in çalışmasında da ortaya çıkmıştır. Öğrencilerde böyle bir yanlışın oluşmasının olası nedenleri; onların molekül içi bağlarla moleküller arası kuvvetleri ayırt edememeleri, ders kitaplarında moleküller arası kuvvetlerin “Diğer Bağ Çeşitleri” başlığı altında verilmesi ve öğrencilerin atom ve molekül kavramlarını karıştırmaları olabilir (Bkz. Ek 5). Ancak; bu yanlışta öğretim öncesi ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16, sayfa 114); öğretim öncesinde bu yanlışlara sahip öğrencilerin büyük bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür. Testteki bu yanlışta sahip öğrencilerin yüzdesinde öğretim sonrası gözlemlenen azalma mülakatlarda da gerçekleşmiş, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö16'nın öğretim öncesinde sahip olduğu *bir su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı vardır* yanılığın öğretim sonrasında son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Ayrıca, ön testte, son testte ve mülakatta bu yanlışta sahip olduğu belirlenen Ö10 öğretimden uzun süre sonrasında (gecikmiş testte) bu yanlışını düzeltmiştir. Ancak öğretim sonrasında bazı öğrencilerin yanlış fikirlerinde öğretim sonrasında değişim olmamıştır. Örneğin; ön testte bu yanlışta sahip olduğu belirlenen Ö6 son testte bu yanlışını düzeltmiş; ancak öğretim sonrası yapılan mülakatta ve gecikmiş testte yanlışını devam ettirdiği görülmüştür. Ayrıca, aynı yanlışta öğretim öncesi sahip olan Ö1'in öğretimden sonra bu yanlışını düzelttiği, son ve gecikmiş testlerde onda bu yanlışın olmadığı belirlenmiş; ancak bu öğrenci öğretimden uzun süre sonrasında (gecikmiş testte) önceki yanlışına geri dönmüştür. Hem teste hem de öğretim sonrası yapılan mülakatlara verilen öğrenci cevapları, öğretim öncesinde bu yanlışta sahip olan öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişime işaret etmektedir.

Bazı öğrencilerin, hidrojen bağına kovalent bağla ilişkilendirdikleri belirlenmiştir. Mülakatlarda öğrencilerin hidrojen bağları ile ilgili anlamalarını araştırmak için sorulan beşinci soruya ve onun alt sorusuna Ö6 ve Ö10'un verdiği cevaplar (sayfa 197, 198, 202 ve 203); bu öğrencilerin öğretim sonrasında bile hidrojen bağına molekül içi bir bağ olarak düşündüklerini ve onun elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini düşündüklerini ortaya koymuştur. Bu durum onların hidrojen bağıyla kovalent bağı eşdeğer olarak düşündüklerinin ve onları birbiriyle ilişkilendirdiklerinin bir göstergesidir. Bu yanılğı, sadece kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle öğretim sonrasında yapılan mülakatlar sırasında belirgin bir şekilde ortaya çıktığından ve öğretim öncesinde öğrencilerin bu yanılğıya sahip olup olmadığı veya ne derece sahip olduğuyula ilgili bir bulgu olmadığından, öğrencilerin bu yanılğılarında öğretim sonrası nasıl bir kavramsal değişim gerçekleştiğine ilişkin herhangi bir yorum getirilmemiş, sadece öğrencilerin sahip oldukları bir yanılğı olarak bu bölümde bahsedilmiştir. Ancak, sekizinci ve on altıncı soruların cevap seçeneklerinde yer alan *bir su molekülünde hidrojen ve oksijen atomlarını bir arada tutan bağ; hidrojen bağıdır* yanılğısının, öğrencilerin hidrojen bağına kovalent bağla ilişkilendirdiklerine işaret ettiği düşünüldüğünde, bu yanılğıya sahip olan öğrenci yüzdesinin öğretim sonrasında düşmesi; onların ilişkili fikirlerinde olumlu yönde bir kavramsal değişimin gerçekleştiği söylenebilir.

Öğrencilerin hidrojen bağları ile ilgili sahip oldukları bir diğer yanılğı da; *hidrojen bağlarının en kuvvetli bağlar olduğudur*. Testte öğrenciden verilen bağları ve moleküller arası kuvvetleri güçleri bakımından sıraya koymasının istenildiği yirmi birinci soruya hem ön testte hem de son testte bazı öğrencilerin verdikleri cevaplar, bu durumu açıkça ortaya koymaktadır. Mülakatlarda öğrencilerin hidrojen bağları ile ilgili anlamalarını araştırmak için sorulan beşinci soruya Ö6'nın verdiği ifadeler (sayfa 197, 198, 202 ve 203); öğretim sonrasında da bu yanılğıya sahip olan öğrencilerin varlığına işaret etmektedir. Hidrojen bağına bir kimyasal bağ olarak düşünen öğrencilerin varlığı Nicoll (2001)'ün çalışmasında da ifade edilmiştir. Öğrencilerin sahip olduğu bu yanılğı; onların molekül içi bağlar ile moleküller arası kuvvetleri ayırt edememelerinin, moleküller arası kuvvetlere ilişkin zayıf anlamalara sahip olmalarının ve öğrendikleri kimyasal bağların ve moleküller arası kuvvetlerin tamamını “bağlar” olarak sınıflandıran öğrencilerin “moleküller arası kuvvetler arasında en kuvvetlisi hidrojen bağıdır” bilgisini yanlış yorumlamalarının bir sonucu olabilir (Bkz. Ek 5). Ancak; bu yanılğıya öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin büyük bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür (Bkz. Tablo 16-sayfa

114). Verilen moleküller arası kuvvetleri ve kimyasal bağları kuvvetlerine göre büyükten küçüğe sıralamalarının istendiği yirmi birinci soruda; moleküller arası kuvvetlerden biri olan hidrojen bağının kimyasal bağlardan daha güçlü olduğunu ifade eden sıralamayı içeren seçenek, öğretim öncesinde öğrencilerin yaklaşık dörtte biri (%27,6) tarafından doğru olarak düşünülürken, öğretim sonrasında çok daha az bir öğrenci grubu tarafından (%10,3) doğru olarak düşünülmüştür. Testteki bu yanılgıya sahip olan öğrenci yüzdesinde öğretim sonrası gözlemlenen azalma mülakatlarda da kendini göstermiştir. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö5'in öğretim öncesinde sahip olduğu *Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür* yanılgısına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Ayrıca ön testte, son testte ve mülakatta *Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür* yanılgısına sahip olduğu belirlenen Ö10, öğretimden uzun süre sonrasında (gecikmiş testte) bu yanılgısını düzeltmiştir. Hem teste hem de mülakatlara verilen öğrenci cevapları, öğretim öncesinde bu yanılgıya sahip olan öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Çalışmada kullanılan veri toplama araçlarından hidrojen bağıyla ilgili öğrenci anlamalarına yönelik olarak elde edilen bulgular, hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında öğrencilerin hidrojen bağıyla ilgili bazı yanılgılara sahip olduklarını, ancak bu yanılgılara öğretim sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelерinin öğretim öncesinde sahip olanlarınkine göre biraz daha düşük olduğunu göstermiştir (Tablo 16). Başka bir ifadeyle çalışmada elde edilen bulgular, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin hidrojen bağıyla ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve öğrencilerin ilişkili kavram yanılgılarını gidermede başarılı olduğuna işaret etmektedir.

4.1.5.3. Van der Waals Kuvvetleriyle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Testteki yirmi ikinci soru öğrencilerin Van der Waals kuvvetleriyle ilgili anlamalarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu soru haricinde, öğrencilerin dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili anlamalarını araştıran yirminci soruya ve öğrencilerden moleküller arası kuvvetleri ve kimyasal bağları güçleri açısından karşılaştırmalarının istenildiği yirmi birinci soruya verilen öğrenci cevapları da, onların Van der Waals kuvvetleriyle ilgili

fikirlerine ışık tutmaktadır. Ayrıca, diğer veri toplama aracı olan mülakatlarda da öğrencilerin Van der Waals kuvvetleriyle ilgili anlamalarını araştıran bir ana soru (mülakatın altıncı sorusu) ve bir alt soru yer almaktadır. Bu bölümde öğrencilerin her iki veri toplama aracındaki bahsedilen sorulara verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların Van der Waals kuvvetleriyle ilgili fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır.

Testteki 22. soruya ön ve son testlerde verilen doğru cevap yüzdeleri, öğrencilerin kovalent bağla ilgili başarı düzeylerinde gerçekleşen değişime işaret etmektedir (Tablo 11-sayfa 107; Tablo 13-sayfa 110). Ön testte öğrencilerin çok az bir kısmı (%10,3) tarafından doğru cevaplanan bu soru, öğretim sonrasında yapılan son testte ise öğrencilerin yarısına yakını (%48,3) tarafından doğru cevaplanmıştır. Bu durum, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin kovalent bağla ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve onların başarılarını artırdığına işaret etmektedir. Ayrıca, öğretim sonrası sadece öğrencilerin başarılarında bir artış gözlemlenmemiş; bu alanla ilgili yanılgılara sahip olan öğrenci sayılarında azalmalar da görülmüştür. Van der Waals kuvvetleriyle ilgili hangi yanılgılarda, ne düzeyde bir değişimin sağlandığı ilerleyen paragraflarda ayrı ayrı irdelenmiştir.

Van der Waals kuvvetlerine ilişkin öğrencilerin sahip oldukları yanlış anlamalardan biri; *Van der Waals kuvvetlerinin H_2 , O_2 , Cl_2 gibi apolar moleküllerde atomlar arasında bulunduğu*. Öğrencilerin sahip olduğu bu yanılgıya hem testteki yirmi ikinci soruya verilen öğrenci cevaplarında hem de mülakatlarda rastlanılmıştır. Ö6'yla yapılan mülakatta Van der Waals kuvvetleri ile ilgili altıncı soruya ve onun alt sorularına verdiği cevaplar (sayfa 207, 208 ve 212), onun Van der Waals kuvvetlerini molekül içi bir bağ olarak düşüncüğünü ve "*Van der Waals kuvvetlerinin H_2 , O_2 , Cl_2 gibi apolar moleküllerde atomlar arasında bulunduğu*" yanılgısına sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Öğrencilerin sahip oldukları bu yanılgı, yine onların molekül içi bağlar ile moleküller arası kuvvetleri ayırt edememelerinin bir sonucu olabilir (Bkz. Ek 5). Nitekim benzer sonuç birçok çalışmada ifade edilmiştir (Treagust, 1988; Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Tan ve Treagust, 1999). Ancak bu yanılgıya öğretim öncesinde ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri, testteki yirmi ikinci soruya ön ve son testlerde verilen öğrenci cevapları dikkate alınarak karşılaştırıldığında (Tablo 16-sayfa 114); bu yanılgıya sahip olan öğrencilerin yüzdesinin öğretim sonrasında az da olsa düştüğü

görülmektedir (ön testte %17,2; son testte %13,8). Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö4'ün öğretim öncesinde sahip olduğu *Van der Waals bağları; H₂, O₂, Cl₂ gibi apolar moleküllerde, atomlar arasındaki bağlardır* yanılıgısına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmamıştır. Hem son teste hem de mülakatlara verilen öğrenci cevapları, öğretim öncesinde bu yanılıgıya sahip olan öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Bazı öğrencilerin Van der Waals kuvvetleriyle ilgili sahip olduğu diğer bir yanlış anlama da; *Van der Waals kuvvetlerinin yalnızca soy gaz atomları arasında bulunduğu*dur. Testteki yirmi ikinci soruya hem ön testte hem de son testte verilen öğrenci cevapları bu durumu açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, Ö16'yla yapılan mülakatta Van der Waals kuvvetleri ile ilgili altıncı soruya ve onun alt sorularına verdiği cevaplar (sayfa 210 ve 217), onun Van der Waals kuvvetlerinin sadece soygaz atomları arasında gerçekleştiğini düşündüğünü açıkça ortaya koymaktadır. Öğrencilerin sahip oldukları bu yanılıgı Ünal (2003)'ün çalışmasında da ifade edilmiştir. Öğrencilerin bu yanılıgıya sahip olmalarının en önemli nedeni Van der Waals kuvvetlerinin hangi yapılar arasında ve nasıl gerçekleştiğiyle ilgili bilgi eksiklikleridir (Bkz. Ek 5). Ancak bir önceki yanılıgıda olduğu gibi, Van der Waals kuvvetleriyle ilgili bu yanılıgıya da öğretim öncesinde ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri Tablo 16 (sayfa 114)'ya bakılarak karşılaştırıldığında; öğretim sonrasında bu yanılıgıya sahip olan öğrencilerin yüzdesinde büyük bir azalma olduğu görülmektedir (ön testte %31,1; son testte %13,8). Bu durum, öğrencilerin Van der Waals kuvvetlerine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin diğer bir göstergesidir. Ancak teste verilen öğrenci cevaplarından elde edilen bu genel ve olumlu sonuç, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden biri olan Ö16'da gerçekleşmemiştir. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerin hiçbirinin ön teste, son teste, mülakata ve gecikmiş teste verdiği cevaplarda bu yanılıgıya rastlanılmazken, bu öğrenci öğretim öncesinde sahip olduğu bu yanılıgısını öğretim sonrasında da (son test, mülakat, gecikmiş test) devam ettirmiştir.

Testteki 22. soruya hem ön testte hem de son testte verilen öğrenci cevaplarının ortaya çıkarmış olduğu diğer bir yanılıgı ise; *Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğünün molekül büyüklüğüne bağlı ancak molekül şekline bağlı olmadığıdır*. Öğrencilerin sahip olduğu bu yanılıgıya mülakatlarda da rastlanılmıştır. Ö10 ve Ö5'le öğretim sonrası yapılan

mülakatta Van der Waals kuvvetleriyle ilgili altıncı sorunun alt sorularından birinde “*Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğü nelere bağlıdır?*” şeklindeki takip eden soruya verdiği cevaplar (Ö10 için sayfa 213, Ö5 için sayfa 217), onların Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğünün sadece molekül veya atomun büyüklüğüne bağlı olduğunu düşündüğünü göstermektedir. Öğrencilerin böyle bir yanılgıya sahip olmalarının en önemli nedeni; onların Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğünü etkileyen faktörler hakkındaki ön bilgi eksiklikleridir (Bkz. Ek 208, 210, 212, 213 ve 216). Ancak Van der Waals kuvvetleriyle ilgili diğer yanılgılarda olduğu gibi, bu yanılgıya da öğretim öncesinde ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16, sayfa 114); öğretim sonrasında bu yanılgıya sahip olan öğrencilerin yüzdesinde yarı yarıya azalma olduğu görülmektedir (ön testte %20,7; son testte %10,3). Öğretim öncesinde bu yanılgıya sahip olan öğrencilerin yarısının öğretim sonrasında yanılgılarını düzeltmesi, onların Van der Waals kuvvetlerine ilişkin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir göstergesi olarak düşünülebilir. Dahası, testlerden elde edilen verilerin yanı sıra, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö5’ün ön testte, son testte ve mülakatta sahip olduğu bu yanılgısını öğretimden uzun süre sonra değiştirmesi, yani gecikmiş testte bu yanılgısına rastlanılmaması da, onun Van der Waals kuvvetleriyle ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir göstergesi olarak düşünülebilir (Bkz. Tablo 50-sayfa 257). Ancak kavramsal değişime ilişkin elde edilen bu genel ve olumlu sonuç, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden biri olan Ö10’da gerçekleşmemiş; Ö10 öğretim öncesi sahip olduğu bu yanılgıyı öğretim sonrasında da devam ettirmiştir (Bkz. Tablo 47-sayfa 251). Ayrıca, Ö6 da öğretim sonrasında vazgeçtiği bu yanılgısına, öğretimden uzun süre sonrasında (gecikmiş testte) yeniden dönmüştür (Bkz. Tablo 46-sayfa 250).

Öğrencilerin Van der Waals kuvvetlerinin özelliklerine ilişkin yanılgılara sahip oldukları bir diğer alan ise Van der Waals kuvvetlerinin gücünün diğer moleküller arası kuvvetlerin gücüyle karşılaştırılmasıdır. Testteki yirmi ve yirmi birinci sorulara verilen cevaplar Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğüyle ilişkili bazı yanılgılara açıkça işaret etmektedir. Öğrencilerin bu alanda sahip oldukları yanılgılara mülakatlarda da rastlanılmıştır. Ö4 ve Ö10’la yapılan mülakatta Van der Waals kuvvetleri ile ilgili altıncı sorunun alt sorularından birine verdiği cevaplar (sayfa 208, 209, 212 ve 215), onların Van der Waals kuvvetlerinin dipol-dipol kuvvetlerinden ve hidrojen bağlarından daha güçlü olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Öğrencilerin bu türden yanılgılara sahip

olmalarında, onların moleküller arası kuvvetlerle ilgili zayıf anlamalara sahip olmalarının ve dipol-dipol kuvvetleri ile Van der Waals kuvvetlerini birbirine karıştırmalarının etkisi olabilir (Bkz. Ek 5). Ancak, hem ön testte hem de son testteki yirminci ve yirmi birinci sorulara verilen öğrenci cevaplarında karşılaşılan bu yanlışların öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerinin öğretim sonrasında azaldığı görülmektedir. Testin yirminci sorusunun cevap seçeneklerinde yer alan; *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır* yanlışına sahip olan öğrencilerin yarısı öğretim sonrasında bu yanlışlarını düzeltmişlerdir (ön testte %20,7; son testte %10,3). Testin yirmi birinci sorusunun cevap seçeneklerinde yer alan “Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür” yanlışına sahip öğrencilerin yüzdesi, öğretim sonrasında büyük oranda azalmıştır (ön testte %20,7; son testte %6,9). Ayrıca, verilen moleküller arası kuvvetleri ve kimyasal bağları kuvvetlerine göre büyükten küçüğe sıralamalarının istendiği yirmi birinci sorunun cevap seçeneklerinde yer alan *Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür* yanlışına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin büyük bir kısmı öğretim sonrasında bu yanlışları düzeltmişlerdir (ön testte %20,7; son testte %6,9). Ancak Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğüne ilişkin belirtilen yanlışlara sahip öğrenci yüzdelerindeki azalma, testin yirminci sorusunun cevap seçeneklerinde yer alan; *molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olan bileşikler, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olan bileşiklerden her zaman daha düşük sıcaklıklarda kaynarlar* yanlışında gözlemlenmemiş; öğretim öncesinde bu yanlışla sahip olan öğrencilerin yüzdesi (%6,9), öğretim sonrasında artmıştır (%13,8). Testlerden elde edilen verilerin yanı sıra, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö5’in öğretim öncesinde sahip olduğu *Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür* yanlışına öğretimin sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılması; ön testte, son testte ve mülakatta *Van der Waals kuvvetleri hidrojen bağlarından daha güçlüdür* yanlışına sahip olduğu belirlenen Ö10’un öğretimden uzun süre sonrasında (gecikmiş testte) bu yanlışını düzeltmesi ve ön testte *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır* yanlışına sahip olduğu belirlenen Ö16’nın öğretimden sonra (son ve gecikmiş testlerde) bu yanlışından vazgeçmesi de; onların fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesi olarak düşünülebilir.

Öğrencilerin Van der Waals kuvvetleriyle ilgili olarak sahip oldukları bir diğer yanlış ise; onların Van der Waals kuvvetleriyle dipol-dipol kuvvetlerini birbiriyle karıştırmalarıdır. Özellikle kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö1, Ö4, Ö5 ve Ö10’la

öğretim sonrasında yapılan mülakatlardaki altıncı soruya ve onun alt sorularına verdikleri cevaplardan bu durum kolaylıkla görülebilmektedir. Öğrencilerin bu yanılgıya düşmelerindeki en önemli sebep; onların polar ve apolar molekül kavramlarını karıştırmalarıdır. Örneğin; onuncu öğrenci mülakatın bu sorusuna verdiği açıklamalarda *Van der Waals bağının soygazlar arasında ve apolar moleküller arasında gerçekleştiğini* doğru olarak ifade etmesine rağmen, *polar ve apolar molekül kavramlarını karıştırdığı için iki su (H_2O) molekülünü bir arada tutan bağın Van der Waals bağı olduğunu* söylemiştir (sayfa 208 ve 212). Dördüncü ve beşinci öğrenciler (Ö4 ve Ö5) ise polar ve apolar kavramlarını karıştırmadıkları halde, Van der Waals kuvvetlerini açıklarken aslında dipol-dipol kuvvetlerinin arasında gerçekleştiği molekülleri ve bu moleküller arasında nasıl gerçekleştiğini açıklamışlardır (sayfa 209, 210, 215 ve 216). Başka bir ifadeyle, bu iki öğrenci doğru bilgilere sahip olsalar da, bu doğru fikirleri yanlış kavramla ilişkilendirmekte ve Van der Waals kuvvetleri ile dipol-dipol kuvvetlerini birbirinin yerine kullanmaktadırlar. Öğrencilerin sahip oldukları bu yanılgıya, testteki bazı sorulara verilen öğrenci cevaplarının da işaret ettiği söylenebilir. Örneğin; testin yirminci sorusunun cevap seçeneklerinde yer alan; *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır* yanılgısını ve *molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olan bileşikler, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olan bileşiklerden her zaman daha düşük sıcaklıklarda kaynarlar* yanılgısını doğru olarak düşünen öğrencilerin varlığı ve yirmi birinci soruda kimyasal bağları ve moleküller arası kuvvetleri güçlerine göre büyükten küçüğe sıralarken Van der Waals kuvvetlerini dipol kuvvetlerinden daha önce gösteren sıralamaların doğru olduğunu düşünen öğrencilerin varlığı, onların bu yanılgılarının bir işareti olabilir. Bu iki kavram karıştıran; yani dipol-dipol kuvvetleri denildiğinde Van der Waals kuvvetlerini veya tam tersini düşünen öğrenciler, testte bahsedilen yanılgılara düşmüş olabilirler. Daha önceki paragraflarda ayrıntılı bahsedildiği gibi, öğrencilerin sahip olduğu bu yanılgılardan ilkinde sahip olan öğrenci yüzdesinin öğretim sonrasında azaldığı ancak ikincisine sahip olan öğrenci yüzdesinin ise öğretim sonrasında arttığı görülmektedir. Bu durum, öğrencilerden bazılarının bu alandaki fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişime işaret ederken, bazılarının bu alandaki fikirlerinde kavramsal değişimin gerçekleştirilmediğini göstermektedir. Testlerden elde edilen verilerin yanı sıra, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden olan ve öğretim öncesinde *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır* yanılgısına sahip olan Ö10 ve Ö16'dan; Ö10'un öğretim sonrasında da bu yanılgısını devam ettirirken, Ö16'nın

öğretimden sonra (son ve gecikmiş testlerde) bu yanılığını değiştirmesi de kavramsal değişim için bahsedilen olumlu ve olumsuz iki sonuç için örnek teşkil etmektedir. Öğrencilerin Van der Waals kuvvetleriyle dipol-dipol kuvvetlerini karıştırdıklarına işaret ettiği düşünülen bu yanılığın daha önce hangi çalışmalarda bahsedildiği önceki paragraflarda ifade edildiğinden, bu bölümde tekrar bahsedilmemiştir.

Elde edilen bulgular, hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında öğrencilerin Van der Waals kuvvetleriyle ilgili bazı yanılığara sahip olduklarını, ancak bu yanılığara öğretim sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelerinin öğretim öncesinde sahip olanlarına göre genellikle daha düşük olduğunu göstermiştir. Ancak öğrencilerin yanılığlı fikirlerinde genellikle olumlu değişimler görülse de, öğretim sonrasında yanılığlarını düzeltemeyen öğrenciler de bulunmaktadır. Genel durum dikkate alındığında, konunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretim materyali ile birlikte kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasının öğrencilerin Van der Waals kuvvetleriyle ilgili anlamalarını geliştirdiği ve onların bu alanla ilgili yanılığlarını gidermede başarılı olduğu söylenebilir.

4.1.5.4. Dipol-Dipol Kuvvetleriyle İlgili Yanılığların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Testteki yirminci soru öğrencilerin dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili anlamalarını ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca, diğer veri toplama aracı olan mülakatlarda da öğrencilerin dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili anlamalarını araştıran bir ana soru (mülakatın yedinci sorusu) ve bir alt soru yer almaktadır. Bu bölümde öğrencilerin her iki veri toplama aracındaki bahsedilen sorulara verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır.

Testteki 20. soruya ön ve son testlerde verilen doğru cevap yüzdeleri, öğrencilerin kovalent bağla ilgili başarı düzeylerinde gerçekleşen değişime işaret etmektedir (Tablo 11-sayfa 107; Tablo 13-sayfa 110). Ön testte öğrencilerin sadece yaklaşık beşte birinin (%20,7) doğru cevaplayabildiği bu soruyu, öğretim sonrasında yapılan son testte ise öğrencilerin yaklaşık beşte üçü (%58,7) doğru cevaplamıştır. Bu durum, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve onların başarılarını artırdığına işaret etmektedir. Ayrıca, öğretim sonrası sadece öğrencilerin başarılarında bir artış gözlemlenmemiş; yanılığara sahip olan öğrenci

sayılarında azalmalar da görülmüştür. Dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili hangi yanlışlarda, ne düzeyde bir değişimin sağlandığı, yani öğrencilerin dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişime işaret eden bulgular ilerleyen paragraflarda ayrı ayrı irdelenmiştir.

Öğrencilerin dipol-dipol kuvvetlerinin özelliklerine ilişkin yanlışlara sahip oldukları alanlardan ilki; dipol-dipol kuvvetlerinin büyüklüğüdür. Testteki yirminci soruya verilen cevaplar dipol-dipol kuvvetlerinin büyüklüğüne ilişkin öğrenci yanlışlarına açıkça işaret etmektedir. Ayrıca, Ö10 ve Ö16'yla yapılan mülakatlarda Van der Waals kuvvetleri ve dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili altıncı ve yedinci sorulara verdikleri cevaplar (Ö10 için sayfa 208 ve 212; Ö16 için sayfa 210 ve 217), onların dipol-dipol kuvvetlerinin Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıf olduğunu düşündüklerini göstermektedir. Öğrencilerin böyle bir yanılgıya sahip olmasında dipol-dipol ve Van der Waals kuvvetlerini tam kavramamış olmasının veya moleküller arası kuvvetlerle ilgili sadece ezbere bazı bilgilere sahip olması nedeniyle öğrendiklerini karıştırmasının etkisi olabilir (Bkz. Ek 5). Birçok çalışmada öğrencilerin moleküller arası kuvvetlere ilişkin anlamalarının zayıf olduğu ifade edilmiştir (Treagust, 1988; Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Tan ve Treagust, 1999). Ancak, dipol-dipol kuvvetlerinin büyüklüğüne ilişkin yanlışlara öğretim öncesi ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16, sayfa 114); öğretim öncesinde bu yanlışlara sahip öğrencilerin bir kısmının, öğretimden sonra bunlardan vazgeçtikleri görülmüştür. Testteki yirminci soruda yer alan; *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır* yanlışına sahip olan öğrencilerin yarısının öğretim sonrasında bu yanlışlarını düzeltmişlerdir (ön testte %20,7; son testte %10,3). Ancak, aynı soru yer alan; *molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olan bileşikler, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olan bileşiklerden her zaman daha düşük sıcaklıklarda kaynarlar* yanlışına sahip olan öğrencilerin yüzdesi (%6,9), öğretim sonrasında biraz artmıştır (%13,8). Bu iki durum, öğrencilerden bazılarının bu alandaki fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişime işaret ederken, bazılarının bu alandaki fikirlerinde kavramsal değişimin gerçekleştirilmediğini göstermektedir. Testlerden elde edilen verilerin yanı sıra, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden olan ve öğretim öncesinde *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır* yanlışına sahip olan Ö10 ve Ö16'dan; Ö10'un öğretim sonrasında da bu yanlışını devam ettirirken, Ö16'nın öğretimden sonra (son ve gecikmiş

testlerde) bu yanılgısını değiştirmesi de kavramsal değişim için bahsedilen olumlu ve olumsuz iki durum için örnek teşkil etmektedir.

Dipol-dipol kuvvetlerine ilişkin öğrencilerin sahip oldukları belirlen önemli hatalardan biri de; onların dipol-dipol kuvvetlerini Van der Waals kuvvetleriyle karıştırmalarıdır. Testin yirminci sorusunun cevap seçeneklerinde yer alan; *dipol-dipol kuvvetleri He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soy gaz atomlarının bir anlık simetrilerinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan moleküller arası zayıf çekim kuvvetidir* yanılgısını doğru olarak düşünen öğrencilerin varlığı, bu durumu açıkça göstermektedir. Ayrıca yukarıda bahsedilen; *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır* yanılgısı da onların öğrendikleri “Van der Waals kuvvetleri dipol-dipol kuvvetlerinden daha zayıftır” bilgisini yanlış anlamalarının ve bu iki moleküller arası kuvveti birbirine karıştırmalarının bir sonucu olabilir. Testteki yirminci ve yirmi birinci sorulara ve kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği 1, 4, 5 ve 10’la yapılan mülakatlarda altıncı ve yedinci sorulara verilen cevaplardan bu durum kolaylıkla görülebilmektedir (Bkz. Sayfa 208, 209, 210, 212, 214, 215, 216, 219, 220, 221, 223, 224, 225 ve 226). Öğrencilerin bu yanılgıya dşmelerindeki en önemli sebep; onların polar ve apolar molekül kavramlarını karıştırmalarıdır. Örneğin; onuncu ğrenci mülakatın altıncı sorusuna verdiği açıklamalarda *dipol-dipol kuvvetlerinin polar moleküller arasında gerçekleştiğini* doğru olarak ifade etmesine rağmen, *polar ve apolar molekül kavramlarını karıştırdığı için iki klor (Cl₂) molekülünü bir arada tutan bağın dipol-dipol bağı olduğunu* söylemiştir. Dördüncü ve beşinci öğrenciler (4 ve 5) ise polar ve apolar kavramlarını karıştırmadıkları halde, Van der Waals kuvvetlerini açıklarken aslında dipol-dipol kuvvetlerinin arasında gerçekleştiği molekülleri ve bu moleküller arasında nasıl gerçekleştiğini açıklamışlardır. Başka bir ifadeyle, bu iki ğrenci Van der Waals kuvvetleri ile dipol-dipol kuvvetlerini birbirinin yerine kullanmışlardır. Ancak, bahsedilen yanılgılara öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerinin ğretim sonrasında büyük oranda azaldığı görülmektedir. Nitekim, *dipol-dipol kuvvetleri He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soy gaz atomlarının bir anlık simetrilerinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan moleküller arası zayıf çekim kuvvetidir* yanılgısı n testte öğrencilerin dörtte birinden fazlası (%27,6) tarafından doğru olarak düşünülürken, son testte sadece onda biri (%10,3) tarafından doğru olarak dşnlmştr. Benzer şekilde, *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha*

zayıftır yanılıgısına ön testte öğrencilerin yaklaşık beşte birinde (%20,7) rastlanılmasına rağmen, son testte yalnızca onda birinde (%10,3) rastlanılmıştır. Bu iki durum, öğretim öncesinde dipol-dipol kuvvetlerini birbiriyle karıştıran öğrencilerin büyük bir kısmının bu hatalarının farkına vardıklarını ve sahip oldukları yanılıgılarını bilimsel fikirlerle değiştirdiklerini göstermektedir. Ancak, yine öğrencilerin Van der Waals ve kuvvetlerinin özelliklerini karıştırdıklarına işaret ettiği düşünülen *molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olan bileşikler, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olan bileşiklerden her zaman daha düşük sıcaklıklarda kaynarlar* yanılıgısına sahip olan öğrencilerin yüzdesinin öğretim sonrasında artması ise; öğrencilerden bazılarının bu alandaki fikirlerinde olumlu yönde bir kavramsal değişim sağlanırken, bazılarının bu alandaki fikirlerinde kavramsal değişimin gerçekleştirilmediğini göstermektedir. Testlerden elde edilen verilerin yanı sıra, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö6'nın öğretim öncesinde sahip olduğu *dipol-dipol kuvvetleri He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soy gaz atomlarının bir anlık simetrilerinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan moleküller arası zayıf çekim kuvvetidir* yanılıgısına öğretim sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmaması ve ön ve son testlerde yine aynı yanılıgıya sahip olduğu belirlenen Ö4'ün bu yanılıgısına mülakatlarda ve gecikmiş testte rastlanılmaması öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimi örnek olarak verilebilirken; yine aynı yanılıgıya öğretim öncesinde sahip olduğu belirlenen Ö5'in öğretimden sonra bu yanılıgısını devam ettirmesi ise kavramsal değişimin tüm öğrencilerde gerçekleştirilemediğini göstermektedir. Ayrıca, öğretim öncesinde *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır* yanılıgısına sahip olan Ö10 ve Ö16'dan; Ö10'un öğretim sonrasında da bu yanılıgısını devam ettirirken, Ö16'nın öğretimden sonra (son ve gecikmiş testlerde) bu yanılıgısını değiştirmesi de kavramsal değişim için bahsedilen olumlu ve olumsuz iki durum için örnek teşkil etmektedir.

Elde edilen bulgular, hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında öğrencilerin dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili bazı yanılıglara sahip olduklarını, ancak bu yanılıglara öğretim sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelilerinin öğretim öncesinde sahip olanlarınkine göre genellikle daha düşük olduğunu göstermiştir. Ancak öğrencilerin yanılıglı fikirlerinde genellikle olumlu değişimler görülse de, öğretim sonrasında yanılıgılarını düzeltemeyen öğrenciler de bulunmaktadır. Genel durum dikkate alındığında, konunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretim materyali ile birlikte kavramsal değişim

metinlerinin kullanılmasının öğrencilerin dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili anlamalarını geliştirdiği ve onların bu alanla ilgili yanılgılarını gidermede başarılı olduğu söylenebilir.

4.1.6. Bağ Yapısı ve Molekül Şekilleriyle İlgili Yanılgıların ve Öğretim Sonrasında Öğrenci Fikirlerinde Gerçekleşen Kavramsal Değişimin Yorumlanması

Testteki on yedinci soru öğrencilerin bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili anlamalarını ölçmektedir. Ayrıca, on ikinci ve on beşinci soruların cevap seçeneklerinde molekül şekilleriyle ilgili bazı yanılgıların bulunması nedeniyle, öğrencilerin molekül şekilleriyle ilgili anlamaları değerlendirilirken bu sorulara verilen cevaplar da dikkate alınmıştır. Diğer veri toplama aracı olan mülakatlarda da öğrencilerin bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili anlamalarını araştıran sorular (mülakatın sekizinci ana sorusunun 2, 3 ve 4. alt soruları) yer almaktadır. Bu bölümde öğrencilerin her iki veri toplama aracındaki bu sorulara verdikleri cevaplar dikkate alınarak, onların bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişim yorumlanmıştır.

Testte öğrencilerin bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili anlamalarını araştıran on yedinci soruya ön ve son testlerde verilen doğru cevap yüzdeleri, öğrencilerin kovalent bağla ilgili başarı düzeylerinde gerçekleşen değişime işaret etmektedir (Tablo 11-sayfa 107; Tablo 13-sayfa 110). Bu durum, çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili anlamalarını geliştirdiğine ve onların başarılarını artırdığına işaret etmektedir. Ayrıca, öğretim sonrası sadece öğrencilerin başarılarında bir artış gözlemlenmemiş; yanılgılara sahip olan öğrenci sayılarında azalmalar da görülmüştür. Bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili hangi yanılgılarda, ne düzeyde bir değişimin sağlandığı, yani öğrenci fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişime ilişkin bulgular ilerleyen paragraflarda ayrı ayrı irdelenmiştir.

Molekül şekilleriyle ilgili olarak öğrencilerin sahip oldukları yanılgılardan ilki; testteki on ikinci sorunun cevap seçeneklerinde yer alan *GY₃ bileşiğinde moleküller düzlem üçgen biçimindedir* yanılgısı iken, ikincisi on yedinci sorunun cevap seçeneklerinde yer alan *su molekülleri doğrusal bir şekle sahiptir* yanılgısıdır. Bahsedilen ikinci yanılgı, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö10'la öğretim sonrasında yapılan mülakatlarda da ortaya çıkmıştır. Ö10'un mülakatın sekizinci sorusunun "*Suyun molekül şeklini çizer*

misin?” ve “Neden molekülü bu şekilde çizdin?” şeklindeki alt sorularına verdikleri cevaplar onun bu yanılgısına açıkça işaret etmektedir. *Su molekülünün şekli doğrusaldır* (Ünal vd., 2002; Griffiths ve Preston, 1999) ve *amonyak molekülü üçgen düzlem şeklindedir* (Ünal vd., 2002) yanılgıları literatürdeki farklı çalışmalarda da ifade edilmiştir. Öğrencilerin bu tür yanılgılara sahip olmasının en önemli olası nedeni; onların molekül şeklini etkileyen faktörleri tam anlamamış olmaları veya bu konuda kavram yanılgılarına sahip olmalarıdır (Bkz. Ek 5). Ancak testteki on ikinci ve on yedinci sorulara ön ve son testlerde verilen öğrenci cevapları karşılaştırıldığında (Tablo 16-sayfa 114); bu yanılgılara sahip olan öğrencilerin yüzdesinin öğretim sonrasında oldukça azaldığı görülmektedir. Bahsedilen birinci yanılgı öğretim öncesinde öğrencilerin hemen hemen yarısında tespit edilirken, öğretim sonrasında bu öğrencilerin yaklaşık yarısı fikirlerini bilimsel olanlarla değiştirmiştir. Benzer şekilde, bahsedilen ikinci yanılgıya öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin tamamı, öğretim sonrasında bu yanılgılarından vazgeçmişlerdir. Bu iki durum, onların molekül şekilleriyle ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesidir.

Bir önceki paragrafta bahsedilen yanılgılar aslında öğrencilerin molekül şekillerini etkileyen faktörlerle ilgili fikirlerine ve yanılgılarına da ışık tutmaktadır. Öğrencilerin sahip oldukları bu yanılgılar öğrencilerdeki şu düşüncelerin bir yansıması olabilir; (a) merkez atomunun bağ yaptığı atom sayısının molekülün şeklini belirlediğini düşünüyor olabilirler, (b) sadece bağ yapan atomlar arasındaki itmelerin bir molekülün şeklini belirlediğini düşünüyor olabilirler ve (c) sadece bağ yapan elektron çiftleri arasındaki itmelerin bir molekülün şeklini belirlediğini düşünüyor olabilirler. Her üç düşünceye sahip öğrencilerin de suyun doğrusal, amonyakın ise düzlem üçgen molekül şekline sahip olduklarını düşünmeleri olasıdır. Başka bir ifadeyle, aslında öğrencilerin sahip oldukları *su molekülünün şekli doğrusaldır* ve *amonyak molekülü üçgen düzlem şeklindedir* yanılgıları, onların molekül şekillerini etkileyen faktörlerle ilgili yukarıda bahsedilen yanılgılara da sahip olduklarını göstermektedir. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö10'un mülakatın yedinci sorusunun üçüncü alt sorusuna verdiği cevaplar onun; *merkez atomunun bağ yaptığı atom sayısının molekülün şeklini belirlediği* yanılgısına sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, testteki on beşinci sorunun cevap seçeneklerinde yer alan; *oktet kuralı; bir molekülün şeklinin yalnızca bağ yapan elektron çiftlerinin sayısına bağlı olduğunu ifade eder* ifadesinin doğru olduğunu düşünen öğrencilerin varlığı da, onların *sadece bağ yapan elektron çiftleri arasındaki itmelerin bir*

molekülün şeklini belirlediği fikrine sahip olduklarının diğer bir göstergesidir. Molekül şekillerini etkileyen faktörlerle ilgili benzer yanılgılara sahip öğrencilerin varlığı birçok çalışmada ifade edilmektedir (Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Furio ve Calatayud 1996; Birk ve Kurtz, 1999; Yılmaz ve Morgil, 2001; Atasoy vd., 2003). Ancak, bir önceki paragrafta da bahsedildiği gibi; *GY₃ bileşiğinde moleküller düzlem üçgen biçimindedir* yanılgısına sahip öğrencilerin yüzdesinde öğretim sonrasında yarı yarıya bir azalma görülürken; öğretim öncesinde *su molekülleri doğrusal bir şekle sahiptir* yanılgısına sahip öğrencilerin tamamı öğretim sonrasında bu yanılgılarını düzeltmişlerdir. Ayrıca, *oktet kuralı; bir molekülün şeklinin yalnızca bağ yapan elektron çiftlerinin sayısına bağlı olduğunu ifade eder* yanılgısına öğretim öncesinde sahip olan öğrencilerin tamamı da, öğretim sonrasında bu fikirlerini bilimsel fikirlerle değiştirmişlerdir. Bu üç durum, onların molekül şekilleriyle ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin birer göstergesidir. Testlerden elde edilen verilerin yanı sıra, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö1 ve Ö5'ün öğretim öncesinde sahip olduğu *AN'si 15 olan G atomunun ve AN'si 19 olan Y atomunun oluşturdukları GY₃ molekülü düzlem üçgen biçimindedir* yanılgısına öğretim sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmaması, onların molekül şekillerini etkileyen faktörle ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin bir göstergesi olarak düşünülebilir (Bkz. Tablo 48-sayfa 254 ve Tablo 50-sayfa 257). Ancak kavramsal değişime ilişkin elde edilen bu olumlu sonuç, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden biri olan Ö10'da gerçekleşmemiş; Ö10 öğretim öncesi sahip olduğu bu yanılgıyı öğretim sonrasında da devam ettirmiştir (Bkz. Tablo 47-sayfa 251). Ayrıca, Ö4 de öğretim sonrasında vazgeçtiği bu yanılgısına, öğretimden uzun süre sonrasında (gecikmiş testte) yeniden dönmüştür (Bkz. Tablo 49-sayfa 255).

Öğrencilerin bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili sahip oldukları önemli yanılgılardan bir diğeri ise; *sıcaklık, basınç ve hal değişimi esnasında molekül şekillerinin ve bağ uzunluklarının değiştiği* fikridir. Testteki on yedinci sorunun cevap seçeneklerinde yer alan *su moleküllerinin üç boyutlu yapısı sıcaklıkla değişir ve su moleküllerinin üç boyutlu yapısı içerisinde buldukları kabın şekline göre değişir* yanılgılarını doğru olarak düşünen öğrencilerin varlığı onlardaki bu yanılgının birer göstergesidir. Ayrıca, mülakatın sekizinci ana sorusunun dördüncü alt sorusuna Ö5, Ö6 ve Ö10'un verdikleri ifadelere (Sayfa 228, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 235, 236, 238, 240, 242, 243, 244, 247) bakıldığında bu yanılgılara sahip oldukları kolaylıkla anlaşılmaktadır. Öğrencilerin

sıcaklık, basınç ve hal değişimi gibi faktörlerin molekül yapısını ve şeklini değiştirdiğine inandıkları; Treagust (1988) ve Griffiths ve Preston (1999) tarafından da ifade edilmiştir. Öğrencilerin bu tür yanlışlara sahip olmalarında; atom ve molekül kavramını karıştırmalarının ve fiziksel ve kimyasal değişmelerin özellikleriyle ilgili zayıf anlamalara sahip olmalarının etkisi olabilir (Bkz. Ek 5). Ancak, uygulanan öğretim sonrasında öğrencilerin bağ yapısıyla ilgili anlamalarının geliştiği ve sahip oldukları kavram yanlışlarını düzelttikleri ortaya çıkmıştır. Bunun en belirgin örneği yukarıda bahsedilen yanlışlara öğretim öncesinde ve sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelerindeki olumlu değişimlerdir. Örneğin, öğretim öncesinde yapılan ön testte on yedinci soruda yer alan *su moleküllerinin üç boyutlu yapısı sıcaklıkla değişir* yanlıgısı öğrencilerin yaklaşık beşte biri (%20,7) tarafından doğru olarak düşünülürken, öğretim sonrasında yapılan son testte bu yanlışlı ifadenin doğru olduğunu düşünen öğrencilerin yüzdesi (%13,8) oldukça azalmıştır. Benzer şekilde, aynı sorunun cevap seçeneklerinde yer alan *su moleküllerinin üç boyutlu yapısı, içerisinde buldukları kabın şekline göre değişir* yanlıgısı da öğretim öncesinde öğrencilerin yarısından fazlası tarafından (%58,7) doğru olarak düşünülmesine rağmen, öğretim sonrasında sadece yaklaşık altıda biri (%17,2) tarafından doğru olarak düşünölmüştür. Bu öğrencilerin çok büyük bir kısmı öğretim sonrasında yanlışlarını devam ettirmemiş ve fikirlerini bilimsel fikirlerle değiştirmiştir. Bu iki durum, öğrencilerin bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimin en önemli göstergeleridir. Testlerden elde edilen verilerin yanı sıra, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerden Ö1'in öğretim öncesinde sahip olduğu *sıcaklık, basınç veya hal değişimi gibi fiziksel faktörlerin moleküllerin üç boyutlu yapısını etkilediği* yanlıgısına (Bkz. Tablo 48-sayfa 254) ve yine öğretim öncesinde Ö5 ve Ö16'nın sahip oldukları *kabın şeklinin moleküllerin üç boyutlu yapısını etkilediği* yanlıgısına (Bkz. Tablo 50-sayfa 257 ve Tablo 51-sayfa 258) öğretim sonrasındaki son testte, mülakatta ve gecikmiş testte rastlanılmaması öğrencilerin fikirlerinde gerçekleşen olumlu yöndeki kavramsal değişimi örnek olarak verilebilir. Ancak aynı zamanda, öğretim öncesinde *kabın şeklinin moleküllerin üç boyutlu yapısını etkilediği* yanlıgısına sahip olduğu belirlenen Ö6 ve Ö10'un öğretimden sonra bu yanlışlarını devam ettirmeleri ise kavramsal değişimin tüm öğrencilerde gerçekleştirilemediğine de işaret etmektedir (Bkz. Tablo 46-sayfa 250 ve Tablo 47-sayfa 251). Ayrıca, öğretim öncesinde *kabın şeklinin moleküllerin üç boyutlu yapısını etkilediği* yanlıgısına sahip olan Ö4'ün bu yanlıgısına öğretim sonrasındaki son

testte ve mülakatta rastlanılmamasına rağmen, öğretimden uzun süre sonrasında (gecikmiş testte) bu yanılığın geri döndüğü belirlenmiştir (Bkz. Tablo 49-sayfa 255).

Elde edilen bulgular, hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında öğrencilerin bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili bazı yanılığın sahip olduklarını, ancak bu yanılığın öğretim sonrasında sahip olan öğrenci yüzdelerinin öğretim öncesinde sahip olanlarınkine göre genellikle daha düşük olduğunu göstermiştir. Ancak öğrencilerin yanılığın fikirlerinde genellikle olumlu değişimler görülse de, öğretim sonrasında yanılığın düzeltemeyen öğrenciler de bulunmaktadır. Genel durum dikkate alındığında, konunun öğretiminde bilgisayar destekli öğretim materyali ile birlikte kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasının öğrencilerin bağ yapısı ve molekül şekilleriyle ilgili anlamalarını geliştirdiği ve onların bu alanla ilgili yanılığın gidermede başarılı olduğu söylenebilir.

4.2. Geliştirilen Öğretim Materyallerinin Sağladığı Kavramsal Değişimin Kalıcılığına İlişkin Genel Tartışmalar

Bu bölümde *Kimyasal Bağlar* konusunun kavramsal değişim metinleri ve BDÖ materyalleriyle öğretimden uzun bir süre geçmesinin ardından (yaklaşık dört ay), öğrencilerde gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığı tartışılmaktadır.

Kavram yanılığının son ve gecikmiş testlerde öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 16, sayfa 114); kavram yanılığının çoğunluğunun öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerinde son testtekine oranla azalma olduğu veya bazı yanılığın yüzdelerinde hiçbir değişimin olmadığı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, son teste oranla gecikmiş testte bir artışın olduğu yanılığın da bile bu artışın çok az olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, son ve gecikmiş testlerde her bir test maddesine verilen doğru cevap yüzdelerini karşılaştırmalı olarak gösteren Şekil 6 (sayfa 147)'de de, öğrenci başarısının uygulamadan uzun süre sonrasında bile çok fazla değişmediği görülmektedir. Şekil 6'dan görüldüğü gibi; *Kimyasal Bağlar Kavram Testi*'ndeki tüm maddelerin gecikmiş testteki doğru cevaplanma yüzdeleri, son testtekilere çok yakındır. Hatta bazı sorularda gecikmiş testteki doğru cevap yüzdesinin fazla olduğu (15. soru) veya eşit olduğu (21. ve 24. soru) görülmektedir. Tüm öğrencilerin son ve gecikmiş testlerden aldıkları toplam puanları ve değişimleri gösteren Tablo 42 (sayfa 149) de aynı duruma işaret etmektedir. Tablo 42'den görüldüğü gibi; öğrenciler gecikmiş testte son teste göre

başarılarını biraz düşürseler de, son testteki başarılarına çok yakın puanlar almışlardır. Gecikmiş testten aldığı puan ile son testten aldığı puan arasında en büyük fark olan öğrenciler bile (Ö2, Ö14, Ö20, Ö27), gecikmiş testte puanını son testtekine göre sadece 13 puan düşürmüşlerdir. Hatta gecikmiş testte son testtekine göre daha başarılı olup daha yüksek puan alan (Ö8 ve Ö21) veya gecikmiş testte de aynı başarıyı gösterip son testtekine eşit puan alan (Ö25) öğrenciler bulunmaktadır. Çalışmada, öğrencilerde gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığına işaret eden en önemli bulgu ise, öğrencilerin son ve gecikmiş testlerdeki başarıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olup olmadığını belirlemeye yönelik olarak yapılan istatistiksel analiz sonuçlarıdır. Ön, son ve gecikmiş test verilerine uygulanan *Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA)* ve *Post Hoc (Tukey HSD) Testi* sonucunda, öğrencilerin son ve gecikmiş testlerden aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı ortaya çıkmıştır (Tablo 43-sayfa 150, Tablo 44-sayfa 150 ve Tablo 45-sayfa 151). Bunun anlamı, öğrencilerin son testteki başarıları ile gecikmiş testteki başarıları hemen hemen eşit düzeydedir. Özetle, *Kimyasal Bağlar Kavram Testi*'nin son ve gecikmiş test olarak uygulanmasından elde edilen öğrenci cevaplarının analizleri, araştırma kapsamında geliştirilen öğretim materyallerinin öğrencilerde gerçekleştirdiği olumlu yöndeki başarının ve kavramsal değişimin öğretimden uzun süre sonrasında da devam ettiğine, öğrenci başarısının ve öğrenci fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişimin genel olarak kalıcı olduğuna işaret etmektedir.

Literatürde kavramsal değişimle ilgili yapılan çalışmalar, genellikle veri toplama araçlarını ön ve son uygulama şeklinde örnekleme sunmuşlardır. Son uygulama sonrası yapılan gecikmiş uygulamalara yer veren çalışmalara rastlanmakla birlikte sayılarının az olduğu söylenebilir. Gecikmiş uygulamaların yapıldığı bazı çalışmalarda da (Glynn ve Takahashi, 1998; Tsai, 1999; Palmer, 2003; Coştu, 2006; Çalık, 2006), kavramsal değişimin kalıcılığıyla ilgili olarak yukarıda belirtilen genel durum ile paralellik gösteren sonuçlarla karşılaşılmaktadır. Farklı konular üzerine yapılmış bu çalışmalarda, kavramsal değişim yaklaşımının esas alındığı ve bu kapsamda çeşitli kavramsal değişim stratejilerinin kullanıldığı bir öğretimin uzun süre sonrasında bile, öğrencilerin öğrenmiş oldukları bilgileri unutmadıkları ve bu bilgileri uzun süre belleklerinde tuttukları ifade edilmiştir.

Çalışmadan çıkarılan bu olumlu genel durum, her bir öğrencinin sahip olduğu tüm yanlışlar için söz konusu değildir. Bazı öğrenciler öğretim sonrasında sahip oldukları bilimsel fikirlerini devam ettirememiş ve öğretim öncesinde sahip oldukları yanlışlı

fikirlerine geri dönmüşlerdir. Bu durum, özellikle kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö1, Ö4, Ö5, Ö6, Ö10 ve Ö16'nın uygulama süresince sahip oldukları yanılgılarını ve fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişimi gösteren Tablo 46 (sayfa 250), Tablo 47 (sayfa 251), Tablo 48 (sayfa 254), Tablo 49 (sayfa 255), Tablo 50 (sayfa 257) ve Tablo 51 (sayfa 258)'den daha kolay görülebilmektedir. Benzer durum, kavram yanılgılarının tüm öğrenciler tarafından sahip olunma yüzdelerinin ön, son ve gecikmiş testlerdeki değişimini ve kalıcılığını gösteren Tablo 17 (sayfa 118)'den de kolaylıkla anlaşılmaktadır. Bu durum; kısa süreli bir müdahalenin ardından öğrencilerin fikirlerini değiştirdiklerini, ancak müdahaleden belli bir süre sonra onların yeniden müdahale öncesindeki kavramlarına döndüklerini ifade eden Taber (2001) ve Teichert ve Stacy (2002)'nin çalışmalarıyla uyusmaktadır. Çalışmalarında benzer bulgulara ulaşan Hynd vd. (1997) ve Guzzetti vd. (1997), öğretimin hemen ardından öğrenci fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcı olmamasının sebebinin; onların öğretim öncesinde sahip oldukları ön kavramlarının zihinlerinde daha kalıcı bir şekilde yapılanmış olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Yapılan birçok çalışmada kavram yanılgılarının değişime direnç gösterdikleri ve kolaylıkla bilimsel fikirlerle değiştirilemeyeceği de vurgulanmaktadır (Griffiths vd., 1988; Westbrook ve Marek, 1991; Garnett ve Treagust, 1992; Nakhleh, 1992; Quiles ve Solaz, 1995; Ayas ve Demirbaş, 1997; Tsai, 1999). Ayrıca benzer bulgular; uyguladıkları farklı kavramsal değişim stratejilerinin öğrenci fikirlerindeki kavramsal değişime etkisini ve gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığını ön, son ve gecikmiş testlerle araştıran Coştu (2006) ve Çalık (2006)'ın yaptığı çalışmalarda da görülmüş ve bazı öğrencilerin gecikmiş testte eski kavramlarına geri döndükleri belirlenmiştir.

Çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin öğrenci fikirlerinde gerçekleştirdiği kavramsal değişimin kalıcı olup olmadığı, çalışmada kalıcılıkla ilişkili elde edilen veriler toplu olarak dikkate alınarak ve genel bağlamda bu bölümde değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. *Bulgular* bölümünde yer alan Tablo 17 (Sayfa 118) aslında hangi öğrenci fikirlerinde (kavram yanılgılarında) gerçekleşen kavramsal değişimin ne kadar kalıcı olduğunu açıkça göstermektedir. Tablo 17 (sayfa 118)'nin hangi fikirlerde kavramsal değişimin ne düzeyde kalıcı oluşunu açıkça ortaya koyması, veri tekrarından kaçınılması ve çalışmanın sunumundaki bütünlüğün ve okunabilirliğin bozulmaması gerekçeleri dikkate alınarak, bu bölümde her bir kavramsal alanla ilgili öğrenci fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığı detaylı olarak sunulmamıştır.

4. 3. Uygulama Öğretmeni ve Öğrencilerin Öğretim Materyalleri Hakkındaki Görüşlerinin Yorumlanması

Bu bölümde, çalışmada geliştirilen ve etkililiği araştırılan öğretim materyalleri hakkında uygulama öğretmeniyle ve kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle yürütülen mülakatlardan elde edilen bulgular tartışılmıştır.

Hem uygulama öğretmeniyle hem de öğrencilerle yürütülen mülakatlarda, çalışmada uygulanan öğretimin öğrencilerin ilgisini çektiği, onlarda merak uyandırdığı ve onların dersten daha fazla zevk almasını sağladığı ortaya çıkmıştır. Bu durum, uygulama öğretmenin (sayfa 259-263) ve öğrencilerin (sayfa 264-269) mülakat sırasında yaptığı açıklamalardan kolaylıkla anlaşılmaktadır. Hatta uygulama öğretmeni, mülakat sırasında önceki dersleriyle uygulama sürecini karşılaştırmış ve uygulamalar içerisindeki tartışmalar sayesinde öğrencilerin derse daha fazla katılım gösterdiklerini ifade etmiştir. Bu durum da yine, öğrencilerin öğretim materyalleriyle işlenen derslerde daha ilgili olduklarının diğer bir göstergesidir. BDÖ materyallerinin (Geban vd., 1992; Hounshell ve Hill, 1989; Korfiatis, vd., 1999; Saka ve Akdeniz, 2006) ve kavramsal değişim metninin (Özdemir ve Geban, 1998; Yürük ve Geban, 2001) öğrencilerin öğrenmeye karşı motivasyonlarını ve ilgilerini artırdığı literatürdeki farklı çalışmalarda ifade edilmektedir.

Mülakat yürütülen öğrencilerin geneli (Ö16 hariç diğerleri) öğretim materyalleri içerisinde en çok BDÖ materyalini ve içerisindeki animasyonları beğendiğini ifade etmiştir. Bu öğrencilerin BDÖ materyalindeki animasyonların beğenmelerinde; (a) *onların ilgilerini çekmesi*, (b) *iyi hazırlanmış olması*, (c) *konuları daha kolay ve iyi anlamalarını sağlaması* ve (d) *zihinlerinde tam olarak canlandırmadıkları bağların nasıl oluştuklarını onlara tam olarak görme fırsatı vermesi* gibi faktörlerin etkili olduğu ortaya çıkmıştır (Bkz. sayfa 264-269). Mülakatın yürütüldüğü öğrencilerin tamamı BDÖ materyalinin konuları anlamalarında daha faydalı olduğunu belirtmişlerdir. Onlara göre BDÖ materyalinin uygulamalardaki işlevi; *kendilerinin konuyu daha iyi anlayabilmelerini sağlayacak açıklama, şekil ve animasyonları içermesidir*. Uygulama öğretmenin görüşleri de, mülakat yapılan öğrencilerle paralellik göstermektedir. Ona göre BDÖ materyali öğretim sırasında; *konudaki kavramları ve olayları açık ve anlaşılır olarak ortaya koyma*”, *“öğrencilerin anlamalarını kolaylaştırma*”, *“öğrencilerin zihinlerinde canlandıramadıkları olayları animasyonlar sayesinde görselleştirme*”, *“soyut kavramları somutlaştırma*” ve *“öğrenmenin kalıcı olmasını sağlama*” gibi işlevlere sahiptir (Bkz.

sayfa 259-263). BDÖ materyaliyle ilgili ortaya çıkan bu sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmaların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Örneğin; BDÖ'nün öğrencilerin derse olan ilgisini artırdığı ve genellikle BDÖ ile ders işlemekten zevk aldıkları literatürde ifade edilmektedir (Hounshell ve Hill, 1989; Akçay vd., 2003a; Saka, 2007). BDÖ materyallerinin ve animasyonlarının öğrencilerin gözlemlenmesi zor veya mümkün olmayan olayları doğrudan gösterebilme imkanına sahip olduğu (Richards vd., 1992; Özdener ve Erdoğan, 2001a; Yenitepe, 2002) ve BDÖ sayesinde sunulan içeriğin hem sözlü hem de görsel olarak zihinde kodlanması sonucu daha kalıcı ve anlamlı öğrenmenin gerçekleşebildiği birçok çalışmada ifade edilmektedir (Baykal, 1990; Işman, 2001; Sezgin ve Köymen, 2002, Akçay vd., 2003b).

Yalnızca bir öğrenci öğretim materyalleri arasında en çok beğendiği materyalin kavramsal değişim metinleri olduğuna vurgu yapmasına rağmen, vurgu yapmasalar bile hem uygulama öğretmeninin hem de öğrencilerin kavramsal değişim metinlerini genel olarak beğendikleri ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin tamamının kavramsal değişim metinlerinde yer alan fikirleri ilginç buldukları, çoğunluğunun ise özellikle metinlerde yer alan sorular üzerine yapılan tartışmalardan zevk aldıkları ortaya çıkmıştır (Bkz. sayfa 264, 266, 268, 269). Uygulama öğretmenin görüşleri de bu durumu doğrular niteliktedir. Uygulama öğretmenin; kavramsal değişim metinlerinin ve metinlerde yer alan sorularla ilgili tartışmaların öğrencilerin derse katılımını artırdığını, metinlerdeki soruların öğrencileri düşünmeye yönelttiğini ve onlarında benzer sorular sormaya başladıklarını ifade etmesi (Bkz. sayfa 262), metinlerin öğrencilerin ilgisini çektiğinin ve onların motivasyonlarını artırdığının bir göstergesidir. Kavramsal değişim metinlerinin benzer etkileri literatürdeki farklı çalışmalarda da ifade edilmektedir (Özdemir ve Geban, 1998; Yürük ve Geban, 2001).

Mülakatın yürütüldüğü öğrencilerin çoğunluğu kavramsal değişim metinlerinin onların yanılığa düşmelerini engellediğini belirtmişlerdir. Onlara göre kavramsal değişim metinlerinin uygulamadaki işlevi; *kavram yanılığlarından onları haberdar etmesi, onların bu tür yanılığa düşmelerini engellemesi ve eğer kendilerinde bu tür yanılıklar varsa onları düzeltmesidir*. Uygulama öğretmenin görüşleri de, mülakat yapılan öğrencilerle paralellik göstermektedir. Ona göre kavramsal değişim metinleri öğretim sırasında; *“BDÖ materyali sayesinde öğrencilerin öğrendiklerini destekleme ve daha bilimsel fikirlere sahip olmalarını sağlama”, “öğrencilerin yanılığlı fikirlerin farkında olmalarını ve eğer bu tür fikirlere sahipse bunları düzeltmelerini sağlama”, “eğer*

öğrenciler yanılığlara sahipler, onları fikirlerinin yanlış olduğuna ikna etme ve doğrusunu açıklama” ve “öğrencileri daha sorgulayıcı düşünmeye sevk etme” gibi işlemlere sahiptir (Bkz. sayfa 259-261). Mülakatlarda kavramsal değişim metinleriyle ilgili ortaya çıkan görüşler, kavramsal değişim metinlerinin özellikleriyle ilgili olarak literatürdeki çalışmalarda ifade edilenlerle örtüşmektedir. Birçok araştırmacının da tanımladığı gibi kavramsal değişim metinleri; öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılıklarının farkında olmalarını sağlayan, bu fikirlerin neden yanlış olduğunu gerekçeleriyle açıklayan ve onlara bilimsel olarak kabul edilen doğru fikirleri sunan metinlerdir (Hynd ve Alvermann, 1986; Maria ve MacGinite, 1987; Chambers ve Andre, 1997; Geban ve Bayır, 2000; Guzzetti vd., 1992). Bu bağlamda, çalışmada kullanılan kavramsal değişim metinlerinin amacına ulaştığı ve etkili olduğu söylenebilir. Kavramsal değişim metinleriyle yürütülen çalışmalarda metinlerin kullanılmasının öğrenci yanılıklarını gidermede oldukça başarılı olduğu birçok kez kanıtlanmıştır (Hynd ve Alverman, 1986; Alvermann ve Hague, 1989; Wang ve Andre, 1991; Guzzetti vd., 1993; Hynd vd., 1994; Guzzetti vd., 1997).

BDÖ materyaliyle ilgili olarak uygulama öğretmeninden veya öğrencilerden fazla olumsuz eleştiri alınmamıştır. Hem uygulama öğretmeni hem de öğrenciler uygulama süreciyle ve bilgisayar laboratuvarının imkanlarıyla ilgili bazı sıkıntılardan bahsetmişlerdir. Uygulama öğretmeni; birkaç öğrenci hariç diğer tüm öğrencilerin ikişerli olarak bilgisayarları kullandıklarını, bu yüzden öğrencilerin BDÖ materyalinden eşit şekilde faydalanmadığını, çoğunlukla öğrencilerden birinin BDÖ materyalinden dersi takip edebildiğini ama aslında her öğrencinin kendisiyle birlikte BDÖ materyalinden dersi takip etmesinin ve animasyonlarla bizzat ilgilenmesinin daha faydalı olacağını ifade etmiştir. Uygulama öğretmeni bilgisayar laboratuvarının küçük olması ve laboratuvarında öğrencilerin sıkışık bir düzende oturması nedeniyle öğrencilerin arasında dolaşamadığını, bu yüzden tüm öğrencileri kontrol edemediğini, bazı öğrencilerin bilgisayarda internet, oyun vb. ile ilgilendiklerini ve bu nedenle disiplinin de bir problem olarak ortaya çıktığını belirtmiştir. Ayrıca öğrencilerden biri çalıştıkları bilgisayarın uygulama sırasında bazen hata verdiğini ifade etmiştir. Uygulama öğretmenin ve öğrencilerin ifade ettikleri bu olumsuzluklar BDÖ materyaliyle doğrudan ilişkili değil, genellikle uygulamanın yürütüldüğü okulun fiziksel imkanlarıyla ilişkilidir. Ancak her ne kadar böyle olsa da, bahsedilen olumsuzluklar uygulama sürecini ve öğrencilerin öğrenmelerini olumsuz etkilemiştir. Elbette, her öğrencinin kendi başına çalışabileceği sorunsuz bir bilgisayara sahip olduğu ve dersi

öğretmenin verdiği yönergelerle takip edebildiği bir uygulama süreci öğrenme ve öğretme açısından daha verimli olabilir.

Kavramsal değişim metinleriyle ilgili uygulama öğretmeninden ve öğrencilerin çoğunluğundan genellikle olumlu eleştiriler alınmakla birlikte, öğrencilerden iki tanesinden olumsuz sayılabilecek bazı eleştiriler de alınmıştır (Ö6, Ö4). Altıncı öğrenci kavramsal değişim metnindeki başlangıç sorularıyla ilgili tartışmalar sırasında bazen kafasının karıştığını, tartışmaların çok detaylı olduğunu, tartışmalar sırasında birçok fikir ortaya çıktığı için bazen hangisinin doğru olduğunu tam anlayamadığını ifade etmiştir (sayfa 264). Dördüncü öğrenci ise metinlerin biraz uzun olduğundan ve bazen onları okumadığından bahsetmiştir (Sayfa 267). Ortaya çıkan ilk durum, uygulayıcının (öğretmenin) metinlerdeki başlangıç sorularıyla ilgili tartışmalarda daha dikkatli olması, yanlış fikirler ile bilimsel fikirler arasındaki farkı daha iyi ortaya koyması ve bilimsel fikirlere daha fazla vurgu yapması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ortaya çıkan ikinci durum ise kavramsal değişim metnlerinde yapılabilecek kısaltmalar sayesinde, öğrencilerin sıkılmadan metinleri okumasının sağlanabileceği ve bu sayede öğrenci başarısı üzerinde daha etkili sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir.

Uygulama öğretmeni yukarıda ifade edilen durumların yanı sıra, BDÖ materyalinin geliştirilmesi için bazı önerilerde de bulunmuştur. Öğretmen, BDÖ materyalindeki uygulama sorularının artırılmasını ve BDÖ materyali içerisine test sorularından oluşan bir bölümün eklenmesini önermiştir. Uygulama öğretmeni bu sayede öğrencilerin öğrendiklerini daha fazla uygulama fırsatı bulabileceklerini ve genellikle dershanelerde test sorularına alışkın olan öğrencilerin materyale olan ilgisinin artırılacağını vurgulamıştır. Uygulama öğretmeni ayrıca, öğrencilerin sınıfta öğrendikleri konuları evlerinde de çalışabilmeleri ve öğrendiklerini unutmamaları açısından derste işlenenlerin öğrencilere not tutturulabileceğini önermiştir. Ancak çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin pilot uygulamaları yapılmış ve uygulamaların programda belirtildiği gibi üç hafta sürdüğü tespit edilmiştir. Öğretmenin ifade ettiği değişiklikler, uygulamaların süresini artırabilir. Ancak yine de uygulama öğretmenin görüşleri dikkate alınarak, BDÖ materyalinde istenilen değişiklikler yapılabilir. BDÖ materyaline test sorularından oluşan bir bölüm eklenerek ve her öğrenciye BDÖ materyali CD'si verilerek, test bölümünü evlerinde kendilerinin uğraşmaları istenebilir. Ayrıca bu şekilde öğrencilere konuyu evlerinde bireysel olarak çalışabilme fırsatı da sunulmuş olur.

Uygulama öğretmeni ve özellikle öğrencilerle yürütülen mülakatlardan, kullanılan öğretim materyallerinin öğrenme üzerine etkisine ilişkin bulgular elde edilmiştir. Daha önce ifade edildiği gibi, uygulama öğretmeni BDÖ materyallerinin konuyu görsel bir şekilde net olarak ortaya koyduğunu, kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin daha bilimsel fikirlere sahip olmalarını sağladığını ve tartışmaların ise öğrencilerin öğrendiklerini unutmamaları açısından faydalı olduğunu ifade etmiştir. Mülakat yapılan öğrencilerin çoğunluğu, uygulama sonrasında birçok konuyu daha iyi öğrendiklerinden ve birçok konuyla ilgili olarak da daha bilimsel fikirlere sahip olduklarından bahsetmişlerdir. Sekizinci sınıfta görmüş olmasına rağmen, *uygulama öncesinde iyonik ve kovalent bağı tam olarak bilmediğini, ancak uygulama sonrasında her ikisini de iyi bir şekilde öğrendiğini* belirten dördüncü öğrencinin (Sayfa 267) ve uygulama öncesinde *metalik bağı elektron alışverişi olarak düşündüğünü, ancak uygulama sırasında metalik bağı elektron alışverişiyle gerçekleşmediğini anladığını* belirten birinci öğrencinin (Sayfa 266) ifadeleri, öğretim materyallerinin hem öğrenci anlamalarını geliştirdiğinin hem de öğrencilerin daha bilimsel fikirlere sahip olmalarını sağladığının birer göstergesidir.

Bu bölümde çalışma kapsamında geliştirilen ve kullanılan öğretim materyallerinin kavramsal değişime ve değişimin kalıcılığına etkisi yorumlanmış, uygulama öğretmenin ve öğrencilerin materyaller hakkındaki fikirleri tartışılmıştır. Çalışmanın bundan sonraki bölümünde, bu bölümde yapılan tartışma ve yorumlardan ulaşılan sonuçlar sunulmaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu bölümde, araştırma sorularına paralel olarak; kavram yanlışlarıyla, kavramsal değişimle, kavramsal değişimin kalıcılığıyla ve materyalin etkililiğiyle ilgili sonuçlar verilmektedir.

5.1. Kavram Yanlışlarıyla İlgili Sonuçlar

Bu bölümde öncelikle kimyasal bağlar konusundaki her bir alana (bağ oluşumu, iyonik bağ, kovalent bağ vb.) ilişkin öğrenci yanlışlarıyla ilgili ayrıntılı sonuçlar verildikten sonra, genel bir sonuca varılmaya çalışılmıştır. Öğrencilere uygulanan kavram testinden ve kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği mülakatlardan elde edilen ve öğrencilerin araştırılan konudaki kavramlara ilişkin yanlışlarına işaret eden sonuçlar aşağıda verilmektedir.

1. Öğrencilerin bağ oluşumunun özelliklerine ilişkin olarak; (1) kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun tüm elektronları oynar, (2) kimyasal bağ oluşumu sırasında en aktif rolü her iki atomun protonları oynar, (3) bağ oluşumu esnasında elektronlar kaybolur, (4) bağ oluşumu esnasında elektronlar bölünür ve (5) bağ oluşumu sırasında elektronlar birbiriyle bütünleşir yada bağ denilen şey elektronlardır yanlışlarına sahip oldukları sonucuna varılmıştır. Bu yanlışlara sahip öğrencilere hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki testlerde (son ve gecikmiş testler) ve mülakatlarda daha az rastlanılmıştır (Tablo 16-sayfa 114). Öğrencilerin bağ oluşumu esnasında elektronların bölündüğü (Eshach ve Garik, 2001) ve elektronların birbirini çekmesiyle bağlanmanın oluştuğu (Nicoll, 2001) yanlışları literatürdeki farklı çalışmalarda da tespit edilmiştir.

2. Öğrencilerin atomu, molekülleri ve bağ oluşumunu açıklarken canlılara ait özellikleri kullandıkları ortaya çıkmıştır. Kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği öğrencilerle öğretim sonrası yapılan mülakatlarda ortaya çıkan bu sonuç, mülakat yapılan tüm öğrenciler için söz konusudur. Öğrencilerin atomları canlıymış gibi düşündükleri Robinson (1998), Eshach ve Garik (2001), Nicoll (2001) ve Coll ve Treagust (2001a)'un çalışmalarında da ortaya çıkan bir sonuçtur.

3. Öğrencilerin iyonik bağ ve iyonik bağlı bileşiklerin özellikleriyle ilgili önemli yanlışlara sahip oldukları ortaya çıkmıştır. İyonik bağın hangi tür atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili olarak; (1) *iyonik bağ metallar arasında gerçekleşir* ve (2) *iyonik bağ ametal atomları arasında gerçekleşir* yanlışlarına sahip olan öğrencilere, iyonik bağın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili olarak; (1) *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar atomlar arasında eşit paylaşılır*, (2) *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar iki atom arasında bölünür* ve (3) *iyonik bağ oluşumu sırasında elektronlar tamamen kaybolur* yanlışlarına sahip olan öğrencilere, iyonik bileşiklerin özellikleriyle ilgili olarak; (1) *iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle sıvı halde olduğu* ve (2) *iyonik bileşiklerdeki moleküllerin birbirine kovalent bağla bağlı oldukları* yanlışlarına sahip olan öğrencilere ve iyonik bileşiklerin örgü yapılarıyla ilgili olarak; (1) *bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından iyonik bağla çekilir, etrafındaki diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir* ve (2) *yan yana bulunan çok sayıdaki Na ve Cl atomları düşünüldüğünde; hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığını bilmediğimiz sürece iyonik bağın yerini belirlemek imkansızdır* yanlışlarına sahip olan öğrencilere rastlanılmıştır. Bu yanlışlara sahip öğrencilere hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki testlerde (son ve gecikmiş testler) ve mülakatlarda daha az rastlanılmıştır (Tablo 16-sayfa 114). Hatta bahsedilen yanlışların bazılarına (örneğin; *iyonik bileşikler oda sıcaklığında genellikle sıvıdır, iyonik bağ metallar arasında gerçekleşir, vb.*) öğretim sonrasındaki son testte ve öğretimden uzun süre sonrasındaki gecikmiş testte hiçbir öğrencide rastlanılmamaktadır. Öğrencilerin iyonik bağla ilgili benzer yanlışlara sahip oldukları sonucu birçok çalışmada da ortaya çıkmıştır (Butts ve Smith, 1987; Taber, 1997b; Robinson, 1998; Harrison ve Treagust, 2000; Atasoy vd., 2003; Coll ve Treagust, 2003).

4. Bazı öğrencilerin *iyonik bağ* ile *kovalent bağı* veya *iyonik bağ* ile *metalik bağı* karıştırdıkları ortaya çıkmıştır. Testteki altıncı, onuncu ve yirmi üçüncü sorulara verilen öğrenci cevapları ile kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö6 ve Ö10'un mülakatlarda verdikleri cevaplar, öğrencilerin *iyonik bağ* ile *kovalent bağı* karıştırdıkları sonucuna açıkça işaret ederken; yine testteki altıncı ve onuncu sorulara verilen öğrenci cevaplarından bazıları da öğrencilerin *iyonik bağ* ile *metalik bağı* birbirine karıştırdıkları sonucunu açıkça göstermektedir. *İyonik bağ* ile *kovalent bağı* veya *iyonik bağ* ile *metalik bağı* karıştıran öğrencilere ön, son ve gecikmiş testlerin her üçünde de rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde bu öğrencilerin yüzdelerinde büyük ölçüde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Hatta öğretim sonrasındaki son testte *iyonik* ve *metalik* bağı

karıştıran hiçbir öğrenciye rastlanılmamıştır. Öğrencilerin iyonik ve kovalent bağı karıştırdıkları sonucu literatürdeki birçok çalışmada ifade edilmesine karşılık (Taber, 1997a; Boo, 1998; Tan ve Treagust, 1999; Coll ve Treagust, 2001b); öğrencilerin iyonik ve metalik bağı birbiriyle karıştırdıkları sonucu ise Ünal (2003)'ün çalışmasında ifade edilmiştir.

5. Öğrencilerin kovalent bağla ve kovalent bağlı örgü yapılarıyla ilgili önemli yanlışlara sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Kovalent bağı hangi tür atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili olarak; (1) *kovalent bağ oluşumu iki metal arasında gerçekleşir*, (2) *kovalent bağ metaller ile ametaller arasında gerçekleşir* ve (3) *kovalent bağ soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir* yanlışlarına sahip olan öğrencilere, kovalent bağı nasıl gerçekleştiğiyle ilgili olarak; (1) *kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar iki atom arasında bölünür* ve (2) *kovalent bağ oluşumu esnasında elektronlar bir atomdan diğerine verilir* yanlışlarına sahip olan öğrencilere, kovalent bağı türleriyle ilgili olarak; (1) *polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır*, (2) *HF molekülünde hidrojen ve flor kovalent bağ oluşturdıkları için elektron çifti merkezde yerleşir*, (3) *polar kovalent bağ aynı cins atomlar arasında oluşurken, apolar kovalent bağ farklı cins atomlar arasında oluşur* ve (4) *suyu oluşturan atomlar arasında apolar kovalent bağ vardır* yanlışlarına sahip olan öğrencilere ve kovalent örgülü yapıların özellikleriyle ilgili olarak; (1) *Grafitte karbon atomları birbirine sıkı bağlanmadığından atomlardan bazıları bağ yapmazlar ve molekül içerisinde serbest hareket ederler. Bu nedenle grafit elektriği iletir*, (2) *Grafit elektriği iletir. Çünkü grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bunlar elektriği iletirler* ve (3) *Grafit elektriği iletir çünkü birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakalarına sahiptir* yanlışlarına sahip olan öğrencilere rastlanılmıştır. Bu yanlışlara sahip öğrencilere ön, son ve gecikmiş testlerin her üçünde de rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde bu yanlışlara sahip öğrencilerin yüzdelerinde büyük ölçüde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Hatta bahsedilen yanlışlardan; *kovalent bağ soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir iyonik bağ metaller arasında gerçekleşir* yanlışına öğretimden sonraki gecikmiş testte hiçbir öğrencide rastlanılmamıştır. Literatürde, öğrencilerin kovalent bağla ilgili çeşitli yanlışlara sahip oldukları sonucunu ifade eden ve bu yanlışları rapor eden birçok çalışma bulunmaktadır (Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Taber, 1997b; Robinson, 1998; Birk ve Kurtz, 1999; Tan ve Treagust, 1999; Eshach ve Garik, 2001).

6. Öğrencilerin metalik bağla ilgili olarak; (1) *metalik bağ, metal atomları arasında elektron alış veriş şekline oluşur*, (2) *atomlardan birinin elektron kaybetmesi diğerinin ise*

kazanması durumunda oluşan bağ; metalik bağdır, (3) metalik bağ, metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde oluşur ve (4) metalik bağ, metal atomları arasındaki Van der Waals çekim kuvvetleriyle oluşur yanılığlara sahip oldukları sonucuna varılmıştır. Bu yanılığlara sahip öğrencilere ön, son ve gecikmiş testlerin her üçünde de rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde bu yanılığlara sahip öğrencilerin yüzdelerinde büyük ölçüde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Hatta bahsedilen yanılığlardan; *atomlardan birinin elektron kaybetmesi diğerinin ise kazanması durumunda oluşan bağ; metalik bağdır* yanılığısına öğretim sonrasındaki son testte hiçbir öğrencide rastlanılmamaktadır. Literatürde, öğrencilerin metalik bağla ilgili yanılığlara sahip oldukları sonucuna ulaşan ve öğrencilerin sahip oldukları bu yanılığları rapor eden birkaç çalışma daha bulunmaktadır (Ünal, 2003; Coll ve Treagust, 2001a).

7. Öğrencilerin genel olarak moleküller arası kuvvetleri birer molekül içi bağ olarak düşündükleri ortaya çıkmıştır (Bölüm 4.1.5.1). Moleküller arası kuvvetleri molekül içi bağlar olarak düşünen öğrencilere ön, son ve gecikmiş testlerin her üçünde de rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde bu yanılığlara sahip öğrencilerin yüzdelerinde büyük ölçüde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Hatta öğretim öncesinde *moleküller arası kuvvetler; moleküllerin içerisindeki kuvvetlerdir* yanılığısına sahip olan öğrencilere, öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde hiç rastlanılmamıştır. Öğrencilerin moleküller arası kuvvetleri moleküldeki atomları bir arada tutan bağlar olarak düşündükleri, daha önceki çalışmalarda da ortaya çıkmıştır (Barker ve Millar, 2000; Treagust, 1988; Tan ve Treagust, 1999; Taylor ve Lucas, 1997; De Posada, 1997; Taber, 1998; Goh vd., 1993).

8. Bazı öğrencilerin moleküller arasında herhangi bir etkileşim olmadığını düşündükleri ortaya çıkmıştır (Bölüm 4.1.5.1). Bazı öğrencilerin moleküller arasında herhangi bir etkileşimin olmadığını düşündükleri Taber (1997a)'in çalışmasında da ifade edilmiştir. Ayrıca, çalışmada elde edilen bu sonuç, öğrencilerin moleküler boyuttaki tanecikleri ve olayları görmedikleri için genellikle kabullenmediklerini ifade eden Nicoll (2001)'ün çalışmasıyla da benzerlik göstermektedir.

9. Öğrencilerin hidrojen bağıyla ilgili önemli yanılığlara sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Hidrojen bağının hangi tür yapılar arasında oluştuğuyla ilgili olarak; *(1) hidrojen bağı molekül içi bir bağ türüdür ve (2) bir su molekülündeki atomlar arasında hidrojen bağı vardır* yanılığlarına sahip olan öğrencilere, hidrojen bağının nasıl gerçekleştiğiyle ilgili olarak; *hidrojen bağı elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşir; kovalent bağın bir türüdür ancak tek farkı hidrojen atomuyla farklı bir atom arasında oluşmasıdır* yanılığısına sahip olan

öğrencilere, hidrojen bağlarının kuvveti ile ilgili olarak; (1) *hidrojen bağları en kuvvetli bağlardır* ve (2) *hidrojen bağları iyonik ve kovalent bağlar da dahil olmak üzere tüm kuvvetlerden daha güçlüdürler* yanlışlarına sahip olan öğrencilere rastlanılmıştır. Bu yanlışlara sahip öğrencilere ön, son ve gecikmiş testlerin her üçünde rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde bu yanlışlara sahip öğrencilerin yüzdelerinde büyük ölçüde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Öğrencilerin genellikle hidrojen bağını molekül içi bağ olarak düşündükleri Nicoll (2001), Peterson vd. (1989), Peterson ve Treagust (1989) ve Tan ve Treagust (1999)'un çalışmasında da ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra, öğrencilerin hidrojen bağını kovalent bağla ilişkilendirdikleri ve onu kovalent bağın bir türü olarak düşündükleri ise daha önce Ünal (2003)'ün çalışmasında da belirlenmiştir. Ayrıca, Nicoll (2001)'ün çalışmasında ortaya çıkan *öğrencilerin hidrojen bağlarını en kuvvetli bağ olarak nitelendirdikleri* sonucu da bu çalışmada ortaya çıkan sonuçla paralellik göstermektedir.

10. Öğrencilerin Van der Waals kuvvetleriyle ilgili önemli yanlışlara sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Van der Waals kuvvetlerinin hangi tür yapılar arasında oluştuğuyla ilgili olarak; (1) *Van der Waals kuvvetleri; H_2 , O_2 , Cl_2 gibi apolar moleküllerin atomları arasında oluşur*, (2) *su (H_2O) moleküllerini bir arada tutan bağ; Van der Waals bağıdır* ve (3) *Van der Waals kuvvetleri yalnızca soy gaz atomları arasında bulunur* yanlışlarına sahip olan öğrencilere, Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğüne etki eden faktörlerle ilgili olarak; *Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğü, molekül büyüklüğüne bağlı ancak molekül şekline bağlı değildir* yanlışına sahip olan öğrencilere, Van der Waals kuvvetleri ile diğer moleküller arası kuvvetlerin güçlerinin karşılaştırılmasıyla ilgili olarak; (1) *Van der Waals kuvvetleri; dipol-dipol kuvvetlerinden ve hidrojen bağlarından daha güçlüdür* ve (2) *molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olan bileşikler, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olan bileşiklerden her zaman daha düşük sıcaklıklarda kaynarlar* yanlışlarına sahip olan öğrencilere rastlanılmıştır. Bu yanlışlara sahip öğrencilere ön, son ve gecikmiş testlerin her üçünde de rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde bu yanlışlara sahip öğrencilerin yüzdelerinde büyük ölçüde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Öğrencilerin Van der Waals kuvvetleriyle ilgili anlamaları daha önce Ünal (2003) tarafından araştırılmış ve öğrencilerin benzer yanlışlara sahip oldukları sonucu bu çalışmada da ortaya çıkmıştır.

11. Öğrencilerin dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili önemli yanlışlara sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Dipol-dipol kuvvetlerinin hangi tür yapılar arasında oluştuğuyla ilgili olarak;

(1) dipol-dipol kuvvetleri; He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soy gaz atomlarının bir anlık simetrilerinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan moleküller arası zayıf çekim kuvvetidir ve (2) klor (Cl_2) moleküllerini bir arada tutan bağ; dipol-dipol bağıdır yanılığlarına sahip olan öğrencilere, dipol-dipol kuvvetleri ile diğer moleküller arası kuvvetlerin güçlerinin karşılaştırılmasıyla ilgili olarak; (1) dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır ve (2) molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimi olan bileşikler, molekülleri arasında Van der Waals etkileşimi olan bileşiklerden her zaman daha düşük sıcaklıklarda kaynarlar yanılığlarına sahip olan öğrencilere rastlanılmıştır. Bu yanılığlara sahip öğrencilere ön, son ve gecikmiş testlerin her üçünde de rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde bu yanılığlara sahip öğrencilerin yüzdelerinde büyük ölçüde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Öğrencilerin dipol-dipol kuvvetleriyle ilgili anlamaları da daha önce Ünal (2003) tarafından araştırılmış ve öğrencilerin benzer yanılığlara sahip oldukları sonucu bu çalışmada da ortaya çıkmıştır.

12. Bazı öğrencilerin Van der Waals kuvvetleri ile dipol-dipol kuvvetlerini birbiriyle karıştırdıkları ortaya çıkmıştır (Bölüm 4.1.5.3). Öğrencilerin Van der Waals kuvvetleri ile dipol-dipol kuvvetlerini karıştırdıkları sonucuna işaret eden yanılığlara ön, son ve gecikmiş testlerin her üçünde de rastlanılmış, ancak öğretim sonrasında (son ve gecikmiş testler) bu yanılığlara sahip olan öğrencilerin yüzdelerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Öğrencilerin Van der Waals kuvvetleri ile dipol-dipol kuvvetlerini birbiriyle karıştırdıkları daha önce Ünal (2003) tarafından da rapor edilmiştir.

13. Öğrencilerin derslerde veya günlük hayatta en sık karşılaştıkları su ve amonyak gibi moleküllerin şekillerine ilişkin olarak; (1) AN'si 15 olan G atomunun ve AN'si 19 olan Y atomunun oluşturdukları GY_3 molekülü düzlem üçgen biçimindedir, (2) amonyak molekülü üçgen düzlem şeklindedir ve (3) su molekülleri doğrusal bir şekle sahiptir gibi yanılığlara sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Ayrıca öğrencilerin sahip oldukları bu yanılığlar, onların molekül şeklini etkileyen faktörleri tam olarak bilmedikleri ve bu konuda da yanılığlara sahip olduklarını göstermektedir. Öğrenciler bir molekülün şeklini belirlerken oldukça basit yöntemler geliştirmekte ve bir molekülün şekline; (a) moleküldeki merkez atomunun bağ yaptığı atom sayısını, (b) sadece merkez atomunun bağ yapan elektron çiftleri arasındaki itmeleri veya (c) sadece merkez atomuyla bağ yapan atomlar arasındaki itmeleri dikkate alarak karar vermektedirler. Bahsedilen yanılığlara ve öğrencilerde moleküllerin şekillerini belirlerken gözlemlenen duruma hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında

rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki testlerde (son ve gecikmiş testler) ve mülakatlarda daha az rastlanılmıştır (Tablo 16-sayfa 114). Hatta bahsedilen yanılgılardan; *su molekülleri doğrusal bir şekle sahiptir* yanılgısına öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde hiçbir öğrencide rastlanılmamaktadır. Öğrencilerin su molekülünün şeklini doğrusal olarak düşündükleri Griffiths ve Preston (1992) tarafından ifade edilirken; öğrencilerin amonyak molekülünün üçgen düzlem şeklinde olduğunu düşündükleri ise Ünal (2003) ve Ünal vd. (2002) tarafından ifade edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin bir molekülün şeklini belirlerken merkez atomunun bağ yaptığı atom sayısını (Atasoy vd., 2003), sadece bağ yapan atomlar arasındaki itmeleri (Atasoy vd., 2003; Furio ve Calatayud, 1996) ve sadece bağ yapan elektron çiftleri arasındaki itmeleri (Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Birk ve Kurtz, 1999; Yılmaz ve Morgil, 2001; Atasoy vd., 2003) dikkate aldıkları sonucu literatürdeki farklı çalışmalarda da ifade edilmiştir.

14. Öğrencilerin bağ yapıları ile ilgili olarak; *sıcaklık, basınç ve hal değişimi esnasında moleküllerin üç boyutlu yapıları değişir ve su moleküllerinin üç boyutlu yapısı içerisinde bulunduğu kabın şekline göre değişir* yanılgılarına sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Bu durum öğrencilerin, fiziksel faktörlerin molekül içini de etkilediğini düşündükleri sonucuna işaret etmektedir. Öğrencilerin sahip oldukları bu yanılgıya ön, son ve gecikmiş testlerin her üçünde de rastlanılsa da, öğretim sonrasındaki son ve gecikmiş testlerde bu yanılgılara sahip öğrencilerin yüzdelerinde büyük ölçüde azalmalar olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Çalışmada ortaya çıkan bu sonuç; öğrencilerin sıcaklık, basınç ve hal değişimi sırasında molekül şekillerinin değiştiğine inandıklarını ifade eden Griffiths ve Preston (1992) ve Treagust (1988)'un çalışmalarıyla da paralellik göstermektedir.

15. Öğrencilerin tanecikli yapıya ilişkin anlamalarının zayıf olduğu, maddenin temel yapıtaşları olan atom ve molekül gibi kavramları birbiriyle karıştırdıkları ortaya çıkmıştır. *“Sıcaklık, basınç, hal değişimi gibi faktörler moleküllerin üç boyutlu yapılarını etkiler”, “sıcaklığın artması, basıncın azalması, maddenin katı halden sıvı hale geçmesi gibi durumlarda moleküllerdeki atomlar arası uzaklık artar, dolayısıyla bağlar uzar ve bağ açısı değişir”* yanılgılarına sahip öğrencilerin varlığı bu sonuca açıkça işaret etmektedir. Ayrıca öğretim sonrasında yapılan mülakatlarda, birçok öğrencinin atom ve molekül kavramlarını sıklıkla birbirinin yerine kullanmaları da bu sonuca işaret etmektedir (Sayfa 274). Öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına ilişkin zayıf anlamalara ve kavram yanılgılarına sahip oldukları sonucu Griffiths ve Preston (1992), Nicoll (2001) ve Özmen vd. (2002) tarafından da ifade edilmiştir.

16. Bazı öğrencilerin *polar* ve *apolar* kavramlarını ve bu nedenle *polar* ve *apolar kovalent bağı* birbiriyle karıştırdıkları ortaya çıkmıştır (Bölüm 4.1.3.; sayfa 286). *Polar* ve *apolar* kavramlarını (veya *polar* ve *apolar kovalent bağı*) karıştıran öğrencilere hem öğretim öncesinde hem de öğretim sonrasında rastlanılsa da, öğretim sonrasında bu öğrencilerin yüzdesinde azalma olduğu tespit edilmiştir (Tablo 16-sayfa 114). Öğrencilerin *polar* ve *apolar* kavramlarını birbiriyle karıştırdıkları sonucu Nicoll (2001) tarafından yapılan çalışmada da ifade edilmiştir. Ayrıca, öğrencilerin *polar* ve *apolar kovalent bağı* tam anlamadıkları ve *tüm kovalent bağlarda bağ elektronlarının her iki atoma da eşit uzaklıkta olduğu* yanlışlığına sahip oldukları Peterson ve Treagust (1989), Birk ve Kurtz (1999) ve Atasoy vd. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda da ifade edilmiştir.

17. *Polar* ve *apolar* kavramlarını karıştıran öğrencilerin, bu kavramlarla ilişkili olan *polar molekül* ile *apolar molekülü* ve *Van der Waals kuvvetleri* ile *dipol-dipol kuvvetlerini* de karıştırdıkları ortaya çıkmıştır (Bölüm 4.1.5.3). Testteki yirminci ve yirmi birinci sorulara verilen öğrenci cevapları bu duruma dolaylı olarak işaret etse de, kavramsal değişimin ayrıntılı incelendiği Ö1 ve Ö10'un mülakatın altıncı ve yedinci sorularına verdikleri cevaplar onların bu kavramları karıştırdıklarına açıkça göstermektedir. Bu sorulara verdikleri açıklamalarında *polar molekülleri aynı cins atomlardan oluşan moleküller*, *apolar molekülleri ise farklı cins atomlardan oluşan moleküller* olarak tanımlayan öğrenciler *dipol-dipol kuvvetlerinin polar moleküller arasında gerçekleştiğini* veya *Van der Waals moleküllerinin apolar moleküller arasında gerçekleştiğini* doğru ifade etmelerine rağmen, bu iki kavramı birbirine karıştırdıkları için *Van der Waals kuvvetleri* ile *dipol-dipol kuvvetlerini* de birbirine karıştırmışlardır.

18. Çalışmada araştırılan tüm kavramlarla ilgili öğrenci anlamaları genel olarak değerlendirildiğinde; öğretim sonrasında araştırılan kavramların çoğunluğuyla ilgili öğrenci anlamalarında oldukça olumlu gelişmeler sağlanmış olmasına rağmen, öğrencilerin konudaki farklı alanlarla ilgili çeşitli yanlışlıklara sahip oldukları görülmüştür. Ancak öğrencilerin kimyasal bağlar konusunda anlamakta zorlandıkları, daha az başarılı oldukları veya daha fazla yanlışlığa sahip oldukları alanın; *moleküller arası kuvvetler* olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuç; ön, son ve gecikmiş testlerde moleküller arası kuvvetlerle ilgili olan 13, 16, 20, 22 gibi sorulara verilen doğru cevap yüzdeleri karşılaştırıldığında (Tablo 11-sayfa 107; Tablo 13-sayfa 110; Tablo 15-sayfa 113) rahatlıkla görülebilmektedir. Ayrıca, öğretim sonrasında yapılan mülakatlarda bile aynı sonuç ortaya çıkmış; öğrencilerin moleküller arası kuvvetlerle

ilgili sorulara doğru cevap vermedeki başarılarının, mülakatın diğer sorularına doğru cevap vermedeki başarılarına nispeten daha düşük kaldığı görülmüştür.

19. Çalışmada araştırılan tüm kavramlarla ilgili öğrenci anlamaları genel olarak değerlendirildiğinde, öğrencilerin derslerde öğrendikleri kavramları karıştırdıkları ve birbirinin yerine kullandıkları ortaya çıkmıştır. Öğrenciler kimyasal bağlar konusu içerisinde işlemiş oldukları, zayıf anlamalara veya ezbere bilgilere sahip oldukları *atom* ile *molekül* kavramlarını, *polar* ile *apolar* kavramlarını, *polar* ile *apolar kovalent bağı*, *iyonik* ile *kovalent bağı*, *dipol-dipol* ile *Van der Waals kuvvetlerini* birbiriyle karıştırmakta veya bu kavramları açıklarken birbirlerinin yerine kullanmaktadırlar. Çalışmada geliştirilen materyallerle konunun öğretimi öğrencilere bu hususta katkı sağlamış olsa da; ortaya çıkan bu sonuç hem öğretim öncesinde (ön testte) hem de öğretim sonrasında (son test, gecikmiş test ve mülakatlar) gözlemlenmiştir. Birçok konu veya kavram hakkında ezbere bilgilere sahip olan öğrencilerin çoğu zaman bir kavram kargaşası yaşadıkları ve öğrendikleri kavramları birbirine karıştırdıkları Sökmen vd. (2000)'nin çalışmasında ortaya çıkan sonuçla da tutarlılık göstermektedir.

20. Çalışmada araştırılan tüm kavramlarla ilgili öğrenci anlamaları genel olarak değerlendirildiğinde, öğrencilerin bir kavramla ilgili olarak sahip oldukları yanlış veya yanlışların, onların bu kavramla ilişkili farklı kavramlara yönelik yanlışlara da sahip olmasına neden olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada *polar* ve *apolar kovalent bağ* veya *polar* ve *apolar molekül* kavramlarıyla ilgili yanlışlara sahip olan öğrencilerin, moleküller arası kuvvetlerle ilgili yanlışlara da sahip olması bu sonuca açıkça işaret etmektedir (örneğin; *dipol-dipol kuvvetleri Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır, iki klor molekülünü bir arada tutan bağ dipol-dipol bağıdır, dipol-dipol kuvvetleri He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soy gaz atomları arasında bulunur vb.*). Ortaya çıkan bu sonuç, öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların yeni alternatif kavramların gelişimine neden olabileceğini ifade eden Çalık (2006)'ın çalışmasının sonucuyla ve alternatif kavramların da kavramlar gibi düşünce sisteminin bir parçası olduklarını, birbirleriyle etkileşim içerisinde olduklarını ifade eden Stavy (1990), Schmidt (1997), Kabapınar (2001) ve Çalık (2003)'ün çalışmalarıyla da benzerlik göstermektedir.

5.2. Kavramsal Değişimle İlgili Sonuçlar

Bu bölümde, öğrencilere uygulanan kavram testinin farklı uygulamalarından elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıyla elde edilen ve çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrenci fikirlerinde gerçekleştirdiği kavramsal değişime yönelik olan sonuçlar verilmiştir.

1. Kimyasal bağlar konusunun öğretiminde BDÖ ve kavramsal değişim metinlerinin birlikte kullanılması, öğrencilerin bu konudaki kavramlara ilişkin anlamalarını geliştirmiş ve onların öğretim öncesinde sahip oldukları kavram yanlışlarının birçoğunun giderilmesinde başarılı olmuştur. Bu sonuç, farklı konulardaki öğrenci fikirlerinde kavramsal değişimi gerçekleştirebilmek için benzer yöntem ve teknikleri kullanan ulusal ve uluslar arası birçok çalışmanın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir (Guzzetti vd., 1992; Brown, 1994; Regis vd., 1996; Doğruöz, 1998; Yürük, 2000; Toka ve Aşkar, 2002; Niaz, 2002; Akçay vd., 2003a).

2. Çalışmada kullanılan öğretim materyalleri öğrencilerin konuyla ilgili yanlışlarının giderilmesinde genellikle başarılı olsa da, öğrencilerin öğretim öncesinde sahip oldukları kavram yanlışları öğretim sonrasında tamamıyla giderilememiştir. Bazı öğrencilerin öğretim öncesinde sahip oldukları yanlışlarının bir kısmını öğretim sonrasında da devam ettirdiği; kavramsal değişimin bu öğrencilerin fikirlerinde kısmen gerçekleştirilebildiği ortaya çıkmıştır (Tablo 46-sayfa 249; Tablo 47-sayfa 250; Tablo 48-sayfa 253; Tablo 49-sayfa 254; Tablo 50-sayfa 256 ve Tablo 51-sayfa 257). Çalışmada ortaya çıkan bu durum; öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının tamamen giderilemeyeceğini ifade eden Hewson ve Hewson (1983), Guzzetti vd. (1997), Hynd vd. (1997), Bayır (2000), Bilgin ve Geban (2001), Ebenezer (2001), Sungur vd. (2001), Akkuş vd. (2003), Özkan vd. (2004) ve Demircioğlu vd. (2004)'nin çalışmalarında ortaya çıkan sonuçla da benzerlik göstermektedir.

3. Çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrenci fikirleri üzerindeki etkisi bazen hemen ortaya çıkmamasına rağmen (son testte veya mülakatlarda), uygulanan öğretimden uzun süre sonrasında (gecikmiş testte) kendisini göstermiştir. Bazı öğrencilerin uygulamanın hemen sonrasında (son testte) yanlışlara sahip oldukları belirlenmesine rağmen, zamanla sahip oldukları yanlışlarını düzelttikleri ve uygulamadan uzun süre sonrasında yapılan gecikmiş testteki sorulara bilimsel olarak kabul edilen fikirleri içeren cevaplar verdikleri görülmüştür (Tablo 46- sayfa 249; Tablo 47-sayfa 250; Tablo 48-sayfa 253; Tablo 50-sayfa

256). Bazı öğrencilerin gecikmiş testten aldıkları puanlar son testten aldıkları puanlara göre daha yüksektir (Tablo 42-sayfa 149). Ortaya çıkan bu iki durum; kavramsal değişimin gerçekleşebilmesi için uzun zamana ihtiyaç olabileceği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu sonuç, kısa süreli bir müdahalenin ardından öğrencilerin fikirlerinin hemen değişmeyebileceğini, kavramsal değişimin uzun zaman gerektirdiğini ve bilimsel fikirlerin bireyin zihninde yapılandırılması sürecinin müdahaleden uzun süre sonrasında bile halen devam ettiğini ifade eden Coştu (2006) ve Çalık (2006)'ın çalışmasının sonuçlarını desteklemektedir.

4. Çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrenci fikirleri üzerindeki olumlu etkisi bazen hemen ortaya çıkmasına rağmen (son testte veya mülakatlarda), uygulanan öğretimden uzun süre sonrasında (gecikmiş testte) bu olumlu etkinin devam etmediği ortaya çıkmıştır. Öğretim öncesinde yanılığara sahip bazı öğrencilerin uygulamanın hemen sonrasında (son testte) bu yanılığarını düzelttikleri belirlenmesine rağmen, öğretimden uzun süre sonra (gecikmiş testte) öğretim öncesinde sahip oldukları yanılığarına geri döndükleri görülmüştür (Tablo 46- sayfa 249; Tablo 47-sayfa 250; Tablo 48-sayfa 253; Tablo 49-sayfa 254; Tablo 51-sayfa 257). Bu öğrenciler uygulanan öğretimden olumlu yönde etkilenmiş ve sahip oldukları yanılığarını öğretim sonrasında bilimsel fikirlerle değiştirmişlerdir. Ancak bu öğrenciler öğretim öncesinde sahip oldukları ön kavramlarını ve yanılığarını zihinlerinde güçlü bir şekilde yapılandırmış olduklarından, öğretimden hemen sonra kazanmış oldukları, belki başka fikirlerle destekleyemedikleri veya farkı alanlarda uygulayarak faydalı olduğunu hissedemedikleri yeni fikirleri zaman içinde terk etmiş, belli bir zaman geçtikten sonra yanlış olan eski kavramlarına dönüş yapmışlardır. Çalışmadan elde edilen bu sonuç; kısa süreli bir müdahaleden sonra öğrencilerin fikirlerini değiştirmelerine rağmen, belli bir süre sonra tekrar eski kavramlarına döndüklerini ifade eden Taber (2001) ve Teichert ve Stacy (2002)'nin çalışmalarıyla da tutarlılık göstermektedir. Ayrıca bu durum; ön kavramların ve kavram yanılığarının değişime dirençli olduklarını ifade eden birçok çalışmayla da paralellik göstermektedir (Griffiths vd., 1988; Westbrook ve Marek, 1991; Garnett ve Treagust, 1992; Nakhleh, 1992; Quilez ve Solaz, 1995; Ayas ve Demirbaş, 1997; Tsai, 1999).

5. Az sayıdaki öğrencinin öğretim öncesi sahip oldukları kavram yanılığarını öğretimin hemen sonrasında veya uzun süre sonrasında değiştirmeyerek, fikirlerinde kavramsal değişimi gerçekleştiremedikleri ortaya çıkmıştır. Bu durum da yine, öğrencilerin zihinlerinde önceden oluşturdukları kavramların, yani ön kavramların, değiştirilmeye veya değişime karşı ne kadar

dirençli olduklarının bir göstergesidir (Griffiths vd., 1988; Garnett ve Treagust, 1992; Quilez ve Solaz, 1995; Tsai, 1999).

6. Yukarıdaki sonuçların yanı sıra, çok daha az sayıdaki bir kısım öğrencinin öğretim öncesinde sahip olmadıkları bazı kavram yanlışlarına uygulanan öğretim sonrasında sahip oldukları belirlenmiştir. Bu olumsuz sonucun; uygulanan öğretim sürecinde tartışılan yanlış fikirlerin öğrenci tarafından zihinde tutulmasından, öğretim esnasında sunulan bilimsel fikirlerin, ifade ve modellemelerin öğrenci tarafından yanlış yorumlanmasından veya sadece öğrencilerin uygulanan testlerdeki dikkatsizliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuç aynı zamanda kavramların yapılandırılmasındaki bireysel farklılıklara da işaret etmektedir. Çünkü aynı öğretime tabi tutulmuş öğrencilerin birçoğunun fikirlerinde olumlu yönde kavramsal değişim gözlenmesine rağmen, bazılarının fikirlerinde ise yukarıda birçoğundan bahsedilen farklı kavramsal değişimler gözlenmiştir.

7. Herhangi bir konunun öğretimi öncesinde, o konu hakkında belirli bir düzeyde anlamaya sahip olan öğrencilerin fikirlerinin öğretim sayesinde bilimsel bilgiye doğru yönlendirilmesinin daha kolay olduğu ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin ön testten aldıkları puanlar küçükten büyüğe sıraya konulduğunda ve onların son ve gecikmiş testlerden aldıkları puanlar incelendiğinde, öğretim öncesinde konuyla ilgili daha fazla bilgiye sahip olup ön testte daha başarılı olan öğrencilerin son ve gecikmiş testlerde de bu başarılarını devam ettirdikleri ve öğretim sonrasında diğer öğrencilere oranla daha fazla gelişim gösterdikleri belirlenmiştir. Bu sonuç, konuyla ilgili bazı temel ön bilgilere sahip olan öğrencilerin fikirlerinin yanlış olduğuna inandırılmasının daha kolay olduğunu ifade eden ve bu öğrencilerde özümsemenin daha kolay gerçekleştiğini ifade eden Çalık (2006)'ın çalışmasıyla da örtüşmektedir. Ayrıca benzer sonuç Huddle vd. (2000) ve Demircioğlu vd. (2004)'nin çalışmasında da ifade edilmiştir.

5.3. Kavramsal Değişimin Kalıcılığıyla İlgili Sonuçlar

Bu bölümde, çalışmada kullanılan kavram testinin gecikmiş test olarak uygulanmasından elde edilen ve çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrenci fikirlerinde gerçekleştirdiği kavramsal değişimin kalıcılığına yönelik olan sonuçlar verilmiştir.

1. Çalışmada elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde; kimyasal bağlar konusunun öğretiminde kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerde gerçekleştirdiği

olumlu yöndeki başarının ve kavramsal değişimin öğretimden uzun süre sonrasında da devam ettiği, öğrenci başarısının ve öğrenci fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişimin genel olarak kalıcı olduğu ortaya çıkmıştır. Kavramsal değişimin kalıcılığını araştıran sınırlı sayıda çalışma olmasına rağmen, gecikmiş uygulamaların bu çalışmalarda da (Glynn ve Takahashi, 1998; Tsai, 1999; Palmer, 2003; Coştu, 2006; Çalık, 2006) kalıcılıkla ilgili benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

2. Çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin öğrenci fikirlerinde gerçekleştirdiği kavramsal değişim genellikle kalıcı olsa da, öğrencilerin öğretimin hemen sonrasında sahip oldukları bilimsel fikirlerin tamamının öğretimden uzun süre sonrasında devam etmediği ortaya çıkmıştır. Bazı öğrenciler öğretim sonrasında sahip oldukları bilimsel fikirlerini devam ettirememiş ve öğretim öncesinde sahip oldukları yanılığlı fikirlerine geri dönmüşlerdir. Çalışmada ortaya çıkan bu sonuç, kısa süreli bir müdahalenin ardından öğrencilerin fikirlerini değiştirdiklerini, ancak müdahaleden belli bir süre sonra onların yeniden müdahale öncesindeki kavramlarına döndüklerini ifade eden Guzzetti vd. (1997), Taber (2001), Teichert ve Stacy (2002), Coştu (2006) ve Çalık (2006)'nın çalışmalarıyla da uyumaktadır.

5.4. Öğretim Materyallerinin Etkililiğiyle İlgili Sonuçlar

Bu bölümde, hem uygulama öğretmeniyle hem de öğrencilerle yapılan mülakatlar sayesinde çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin etkililiğine yönelik olarak ortaya çıkan sonuçlar verilmiştir.

1. Elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde; çalışmada uygulanan öğretim materyallerinin öğrencilerin ilgisini çekmede, onlarda merak uyandırmada ve onların dersten daha fazla zevk almasını sağlamada oldukça başarılı olduğu ortaya çıkmıştır. Farklı konuların öğretiminde kullanılan BDÖ materyallerinin (Geban vd., 1992; Hounshell ve Hill, 1989; Korfiatis, vd., 1999; Saka ve Akdeniz, 2006) ve kavramsal değişim metinlerinin (Özdemir ve Geban, 1998; Yürük ve Geban, 2001) öğrencilerin öğrenmeye karşı motivasyonlarını ve ilgilerini artırdığı sonucu daha önce yapılmış farklı çalışmalarda da ifade edilmektedir.

2. Çalışmada kullanılan BDÖ materyalinin öğrencilerin konuyu daha kolay anlamalarına katkı sağladığı ortaya çıkmıştır. Çünkü BDÖ materyali içerisindeki animasyonlar öğrencilere, onların göremedikleri ve zihinlerinde canlandırmakta zorlandıkları atomlar arası etkileşimleri ve bağ oluşumunun nasıl gerçekleştiğini görme fırsatı sağlamıştır. BDÖ materyalinin

kimyasal bağlar konusundaki soyut kavram ve olayları somutlaştırması sayesinde, öğrenmenin kalıcı olmasına da katkı sağladığı belirlenmiştir. BDÖ materyallerinin ve animasyonların öğrencilerin gözlemlenmesi zor veya mümkün olmayan olayları doğrudan gösterebilme imkanına sahip olduğu (Richards vd., 1992; Özdener ve Erdoğan, 2001a; Yenitepe, 2002), BDÖ ile sunulan içeriğin hem sözlü hem de görsel olarak zihinde kodlanması sayesinde daha kalıcı ve anlamlı öğrenmenin gerçekleşebildiği birçok çalışmada ifade edilmektedir (Baykal, 1990; İşman, 2001; Sezgin ve Köymen, 2002, Akçay vd., 2003b).

3. İlişkili bir soru ile başlayan ve alternatif cevapları (yanılgılı fikirleri) içeren kavramsal değişim metinlerinin öğrenciler tarafından ilginç buldukları ve öğrencilerin metinlerde yer alan sorular üzerine yapılan tartışmalardan zevk aldıkları ortaya çıkmıştır. Kavramsal değişim metinleri ve metinlerde yer alan sorularla ilgili tartışmalar, öğrencilerin derse katılımını artırmış, onları düşünmeye yöneltmiş ve onların da benzer sorular sormaya başlamalarını sağlamıştır. Kavramsal değişim metinlerinin belirtilen etkileri literatürdeki farklı çalışmalarda da ifade edilmektedir (Özdemir ve Geban, 1998; Yürük ve Geban, 2001).

4. Hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin çalışmada kullanılan KDM'ler için ifade ettikleri; *öğrencileri üzerinde tartışılan konuyla ilgili yanlış fikirlerden haberdar etmesi, onların bu tür yanlış fikirlere sahip olmalarını engellemesi veya eğer yanılgılı fikirlere sahip iseler onları fikirlerinin yanlış olduğu konusunda ikna ederek düzeltmesi* gibi özellikleri, kavramsal değişim metinlerinin öğrenci fikirlerinde kavramsal değişimi sağlamada etkili bir araç olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu sonuç, farklı konularla ilgili öğrenci fikirlerinde kavramsal değişimi gerçekleştirmek amacıyla kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı birçok çalışmanın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. kez ifade edilmiştir (Hynd ve Alverman, 1986; Alvermann ve Hague, 1989; Wang ve Andre, 1991; Guzzetti vd., 1993; Hynd vd., 1994; Guzzetti vd., 1997).

5. Uygulama öğretmenin ve öğrencilerin genel olarak öğretim materyalleri hakkında olumlu görüşlere sahip oldukları, ancak yine de öğretim materyalleri hakkında; (a) *bazı öğrencilere göre KDM'lerin uzun olması*, (b) *bazı öğrencilerin KDM'lerdeki sorular üzerine yapılan tartışmalarda akıllarının karışması*, (c) *bilgisayar sayısının az olması nedeniyle BDÖ materyallerini öğrencilerin ikiyeşerli olarak çalışmak zorunda kalmaları*, (d) *bilgisayar laboratuvarının küçük olması* ve (e) *bilgisayarların eski olması nedeniyle bazen hata vermeleri* gibi olumsuz eleştirilere de sahip oldukları ortaya çıkmıştır.

6. ÖNERİLER

Bu bölümde yapılan öneriler, “*Araştırmanın Sonuçlarına Dayalı Olarak Yapılan Öneriler*” ve “*Araştırmacının Kendi Deneyimleri ve Diğer Araştırmacılara Öneriler*” olmak üzere iki başlık altında gruplandırılarak verilmiştir.

6. 1. Araştırmanın Sonuçlarına Dayalı Olarak Yapılan Öneriler

1. Kavramsal değişim yaklaşımını temel alarak hazırlanan kavramsal değişim metinlerini ve bilgisayar destekli öğretim materyalini içeren öğretimin öğrencilerin araştırılan konuyla ilgili anlama düzeylerini geliştirmede, kavram yanlışlarını gidermede ve kavramsal değişimi sağlamada oldukça etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle; kavramsal değişim yaklaşımını esas alan, çalışmadakine benzer şekilde kavramsal değişim metinlerinin ve bilgisayar destekli öğretim materyallerinin ya da farklı kavramsal değişim stratejilerinin kullanıldığı benzer çalışmalar, kimyanın veya fen bilimlerinin farklı konularındaki öğrenci anlamalarının geliştirilmesinde kullanılabilir.

2. Öğrencilerin çoğunluğunun uygulamadan sonra kavramsal değişimi sağladıkları belirlenmesine karşılık, bazı öğrencilerin uygulamadan sonra öğretim öncesinde sahip olmadıkları bazı yanlışlara sahip oldukları belirlenmiştir. Bu durumun sebebi; öğretim sürecinde tartışılan yanlış fikirlerin öğrenci tarafından zihinde tutulması veya öğrencinin derslere katılmadaki ilgi ve motivasyon eksikliği olabilir. Bu durumları ortadan kaldırmak için, kavram yanlışlarının olduğu her bir alanla ilgili sınıf içi tartışmaların sonrasında yanlış fikirler ve bu fikirlerin neden yanlış olduğu iyice vurgulanmalı, tartışmalar sınıftaki tüm öğrencileri kapsayacak şekilde gerçekleştirilmeli, sınıftaki tüm öğrencilerin kendi fikirlerini bilimsel fikirlerle karşılaştırmalarına imkan verilmeli ve bunlar için gerekli zaman öğrencilere sağlanmalıdır.

3. Özellikle son yıllarda, öğrencilerin farklı konulardaki anlama düzeylerini geliştirmek amacıyla tam öğrenme yaklaşımını, kavramsal değişim yaklaşımını veya yapısalcı yaklaşımı esas alan konu bazında birçok öğretim materyali veya öğretim paketi hazırlanmaktadır (Özmen, 2002; Demircioğlu, 2003; Coştu, 2006; Çalık, 2006). Öğrencilerin

kavram yanlışlarını ve bu yanlışlarının nedenlerini dikkate alarak hazırlanmış çeşitli öğretim materyalleriyle öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki anlama düzeylerini geliştirmeyi amaçlayan bu çalışma da bunlardan bir tanesidir. Ülkemizde ortaöğretimdeki programlarının her bir ders için farklı dönemlerde verilmesi gereken konuların bir listesi olmaktan öteye geçemediği, bu konuların hangi etkinliklerle nasıl öğretilbileceği konusunda yeterli düzeyde bir doküman ve/veya yönerge içermediği, yani öğretmenler için rehber olabilecek veya sınıfta öğrenci veya öğretmen tarafından kullanılacak materyalleri yeterince sağlayamadığı (Ayas vd., 1999; Ünal vd., 2004) düşünüldüğünde, farklı konuların öğretimi için hazırlanmış öğretim paketlerini, öğrenci veya öğretmen materyallerini içeren bu tür çalışmaların önemi daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Ülkemizdeki ortaöğretim programları oluşturulurken bu ve benzeri çalışmalarda kullanılan öğretim materyalleri üzerlerinde yapılacak gerekli düzenlemelerle bir araya getirilebileceği gibi; yine bu ve benzeri çalışmalarda belirtilen aşamaları dikkate alınarak farklı konuların öğretimi için çok çeşitli öğretim materyalleri hazırlanabilir. Bu bakımdan, hazırlanan öğretim paketi ya da çalışmada belirtilen aşamalar kullanılarak farklı konularda hazırlanacak öğretim materyalleri, ülkemiz program geliştirme çalışmaları için kaynak oluşturabilir.

4. Öğrencilerdeki kavram yanlışlarını gidermek veya kavramsal değişimi sağlamak için uygulanacak öğretim öncesinde, kavram yanlışlarının açık bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir (Case ve Fraser, 1999). Bu bağlamda, özellikle kavramsal değişim metinleri olmak üzere çalışmada kullanılan öğretim materyalleri hazırlanırken, bizzat öğretim faaliyetlerinin içinde yer alan deneyimli öğretmenlerin ve kavram öğretimi konusunda yıllardır araştırma yapan alan eğitimcilerinin araştırılan konudaki kavram yanlışları için ifade ettikleri olası nedenler dikkate alınmıştır. Başka bir ifadeyle; “hastalık iyice teşhis edilerek, hastalığın nedenlerine ve belirtilerine en uygun tedavi sağlanmaya çalışılmıştır”. Bu özelliği; çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin öğrenci anlamalarını geliştirmede, öğrencilerdeki kavram yanlışlarını gidermede ve kavramsal değişimi sağlamada başarılı olmasındaki en önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle, kimyanın farklı konularında veya diğer alanlarda öğretim materyali geliştirme üzerine çalışan araştırmacıların veya program geliştiricilerin, geliştirecekleri materyallerin hazırlanmasından önce üzerinde çalıştıkları alandaki kavram yanlışlarını ve bunların olası nedenlerini belirlemeye önem vermesi gerekmektedir.

5. Literatürde kavramsal değişimle ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında; uyguladıkları materyallerin veya öğretimin kavramsal değişimi gerçekleştirmedeki başarısını,

kullandıkları veri toplama aracını örneklemelerine ön ve son uygulama şeklinde uygulayarak ve bunlardan elde ettikleri sonuçları karşılaştırarak değerlendirdikleri görülmektedir. Uygulamadan uzun süre sonrasında öğrenci anlamalarındaki değişimleri veya öğretim sonrasında kazandıkları bilimsel anlamaların kalıcılığını belirlemeyi amaçlayan gecikmiş uygulamalara yer veren çalışma sayısı oldukça azdır. Oysa kavramsal değişim uzun zaman gerektiren bir süreçtir. Bu nedenle öğretimin hemen ardından uygulanan bir ölçme aracıyla, öğrencilerin sahip olmuş gibi göründükleri bilimsel fikirleri tamamıyla anlayıp anlamadıklarını veya başka bir ifadeyle; beklenen kavramsal değişimin gerçekten gerçekleşip gerçekleşmediğini değerlendirmek zor olabilir. Bahsedilen durum dikkate alınarak bu çalışmada, ön test ve son testin yanı sıra, öğretim sonrası kazanılan fikirlerin kalıcılığını ölçmek amacıyla gecikmiş test de kullanılmıştır. Bu sayede öğrencilerin uygulanan öğretimden uzun süre sonrasında bile öğretim sonrası kazandıkları bilimsel fikirleri ne düzeyde devam ettirdikleri, öğretim öncesindeki fikirlerine geri dönüp dönmedikleri veya yeni kavram yanlışları geliştirip geliştirmedikleri belirlenmiştir. Bu sebeple, özellikle kavramsal değişimi inceleyen çalışmalarda, uygulanan öğretimden uzun süre sonrasındaki öğrenci anlamalarını belirlemeye yönelik bir gecikmiş testin veya farklı bir veri toplama aracının kullanılması, öğrenci fikirlerinde gerçekleşen değişimlerin tam olarak ortaya konabilmesi ve bilgilerin uzun süreli bellekte tutulup tutulmadığının belirlenmesi hususunda daha fazla bilgi sağlayacaktır.

6. Bu çalışmada sadece öğrenciler tarafından öğrenme ortamında kullanılacak öğrenci materyalleri değil, bu materyallerin sınıf ortamında kullanılması sırasında öğretmenin ihtiyaç duyabileceği tüm bilgileri içeren bir de öğretmen materyali hazırlanmıştır. Çalışmadaki öğretmen materyali uygulama öğretmenine rehberlik etmiş; öğretmen bu materyaldeki bilgileri dikkate alarak, öğretim esnasında hangi aşamada neler yapacağı ve nelere dikkat etmesi gerektiği konusunda bilgi sahibi olmuştur. Dolayısıyla, konu bazındaki bir öğretim paketi veya tüm konuları kapsayan bir öğretim programı geliştirilirken; uygulamaların nasıl yürütüleceğine ve konunun öğretimi sürecinde dikkat edilecek hususlara ilişkin bilgileri içeren bir öğretmen kılavuzunun da hazırlanması, çalışmanın daha etkili olarak uygulanması imkanını artıracaktır.

7. Bu çalışmada kimyasal bağlar konusunun soyut bir yapıya sahip olması, öğrencilerin göremediği tanecikler ve etkileşimlerle ilgili olması nedeniyle bilgisayar destekli bir öğretim materyalinden ve amacın öğrencilerin fikirlerinde kavramsal değişimin sağlanması olması nedeniyle de kavramsal değişim metinlerinden faydalanılmıştır. Bu

nedenle yeterli teknolojik donanıma sahip olmayan okullarda çalışmada sunulan her iki materyalin birlikte kullanılması bazen mümkün olamayabilir. Bu nedenle öğretmenler kendi becerilerine, öğrencilerinin özelliklerine ve okulun veya sınıf ortamının özelliklerine göre istedikleri materyali kullanabilirler. Öğretim materyallerinin her ikisi de kimyasal bağlar konusundaki tüm kavramları içerecek şekilde düzenlenmiş olduğundan, geliştirilen öğretim materyalleri birbirinden bağımsız olarak kullanılmaları durumunda bile öğrenci anlamalarını geliştirmesi bakımından etkili sonuçlar verebilir.

8. Çalışmanın sonuçları bazı öğrencilerin kavramlar arasında ayırım yapamadıklarını, kavramları birbirlerinin yerine kullandıklarını ve kavramlar arasında yanlış ilişkilendirmeler yaptıklarını göstermiştir. Öğrencilerde öğretim sonrasında bile gözlemlenen bu durumun giderilmesi için, öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki kavramların özelliklerini ve birbirleriyle ilişkilerini net olarak yapılandırmalarını sağlayan kavram haritaları da geliştirilerek çalışmadaki materyallere entegre edilebilir.

9. Öğretmen adaylarının öğrendikleri gibi öğretim yaptıkları (Shymansky, 1992) dikkate alınır, özellikle *Özel Öğretim Yöntemleri*, *Kimya Öğretimi* veya *Fen Öğretimi* gibi derslerde öğrencilerin modern öğrenme yaklaşımları, bu yaklaşımları temel alan öğretim materyallerinin ve öğrenme-öğretme ortamlarının hangi özelliklere sahip olması gerektiği, bu yaklaşımlara uygun etkinliklerin nasıl geliştirilmesi ve uygulanması gerektiği konularında bilgilendirilmeleri ve gerekli uygulama becerilerini kazanmaları sağlanmalıdır. Bu sayede yeni nesil öğretmenler yeni uygulamalar hakkında bilgi sahibi ve tecrübeli olarak yetiştikleri için, hem yeni uygulamalara karşı olumlu tutum sergilerler hem de kendi sınıflarında karşılaştıkları problemler için daha kolay ve etkili çözümler getirebilirler.

10. Ders kitaplarının öğretmen ve öğrencilerin başvurdukları en önemli kaynaklardan biri olduğu (Diakidoy vd., 2003), ders kitaplarının genellikle açıklayıcı metinleri içerdiği (Diakidoy vd., 2003) ve ders kitaplarının kavram yanlışlarının kaynaklarından biri olarak ifade edildiği (Blosser, 1987; Levy Nahum vd., 2004) düşünüldüğünde, özellikle yeni müfredata bağlı olarak fen bilimleri ve kimya alanındaki ders kitapları tasarlanırken ve geliştirilirken; (a) *öğrencilerin ön bilgilerini ve sahip olabilecekleri olası kavram yanlışlarını dikkate almasına*, (b) *öğrencilerin yanlış anlamasına veya yanlış yorumlar yapmasına neden olabilecek ifade, şekil, model veya diğer gösterimleri içermemesine* ve (c) *öğrencilerin kavramlar arasında doğru ilişkilendirmeleri kurabilmelerine imkan veren yapıda olmasına* dikkat edilmelidir. Bu açılarından bakıldığında, yürütülen çalışmada geliştirilen materyaller

kimyasal bağlar konusunda öğrencilerin ve öğretmenlerin başvurabilecekleri alternatif bir kaynak olarak kullanılabileceği gibi ders kitabı yazarları için de bir kaynak oluşturabilir.

11. Öğrencilerin kavram yanlışlarına sahip olmasına neden olan faktörlerden birinin de öğretmenler olduğu ve öğretmenlerin de kavram yanlışlarına sahip olabildikleri düşünüldüğünde, geleceğin öğretmenleri olarak yetişen öğretmen adaylarının da kavram yanlışlarını belirlemeye ve bu yanlışlarını düzeltmeye yönelik kavramsal değişim çalışmalarının eğitimin kalitesinin artırılması açısından uzun vadede oldukça faydalı olacağı düşünülmektedir.

12. Kimyasal bağlar konusunun soyut kavramları içermesinden dolayı, özellikle soyut işlemler dönemine geçişi gecikmiş olan öğrenciler bu konuyu anlamakta güçlük çekebilirler. Başka bir ifadeyle, öğrencilerin konudaki kavramları anlamakta güçlük çekmesinin sebeplerinden biri bu olabilir. Bu nedenle çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin kullanılması durumunda, öğrencilerin hangi düzeyde olduğunu belirlemeye yönelik olarak bir *Bilimsel İşlem Beceri Testi* veya *Mantıksal Düşünme Testi* kullanılabilir. Böylece, hangi aşamadaki öğrencilerin uygulanan materyallerden daha fazla yararlandığına ilişkin bir yorum yapılabilir.

13. Öğretmenlerin en çok şikayet ettikleri hususlardan biri; müfredatın içerik açısından yoğunluğu ve bu içeriğin verilmesi için önerilen zamanın azlığıdır. Bu çalışmada kimyasal bağlar konusu için geliştirilen materyallerle konunun öğretimi, programda bu konu için önerilen üç haftalık süre (3 x 2 = 6 ders saati) dikkate alınarak hazırlandığı için uygulama öğretmenin planlarında herhangi bir aksaklığa sebep olmamıştır. Bu nedenle, konu bazında öğretim materyalleri geliştirmeye çalışan araştırmacılar programda o konu için ayrılan süreyi dikkate almalıdırlar. Çünkü böylece, çağdaş öğretim yaklaşımları dikkate alınarak hazırlanmış bu materyaller, kendilerine zaman problemi oluşturmayacağını bilen öğretmenler için daha cazip hale gelecektir.

14. Bu çalışmada kimyasal bağlar konusu içerisindeki tüm kavramların öğretimine yönelik hazırlanmış bilgisayar destekli bir öğretim materyalinin yanı sıra, yine öğrencilerin bu kavramlara ilişkin sahip olabilecekleri tüm yanlışlar için hazırlanmış kavramsal değişim metinleri yer almıştır. Ancak bu çalışmada geliştirilen öğretim materyallerinin tamamı bazı durumlarda gerekli olmayabilir. Örneğin; eğer öğretmen öğretim materyallerinde (özellikle kavramsal değişim metinlerinde) yer alan kavram yanlışlarının kendi öğrencilerinde de var olduğunu tespit ederse bu materyallerden faydalanabilir. Ancak öğretim materyallerinde belirtilen yanlışlardan bazılarının kendi öğrencilerinde var olmadığını tespit etmişse, o

yanılırlarla ilgili materyalleri derslerinde kullanmayabilir. Başka bir ifadeyle, çalışmada geliştirilen ğretim materyalleri esnek bir yapıya sahiptir ve sınıftaki öğrencilerin ön bilgilerine veya ğretim öncesi sahip oldukları kavram yanılırlarına bağlı olarak uygulanacak öğretimin içeriği ğretmen tarafından yeniden düzenlenebilir. Burada önemli olan; çalışmada sunulan ğretim materyallerini kullanacak olan öğretmenlerin, yine çalışmada kullanılan *Kimyasal Bağlar Kavram Testi*yle veya farklı yöntemlerle (sınıf içi tartışmalarla, kendi hazırladığı sorularla vb.) kendi öğrencilerindeki yanılırları veya onların n bilgilerini belirlemesi ve öğretimini buna göre düzenlemesidir.

15. Çalışmadaki kavramsal değişim metinleri ğretim sürecinde kullanılırken, öğrencilerin kendi kendilerine, arkadaşlarıyla veya uygulama öğretmeniyle birlikte yanılırlı fikirler üzerine tartışmaları sağlanmıştırdır. Onlara yöneltilen soruların ardından öğrenciler farklı cevaplar vermişler ve cevaplarını açıklamışlardır. Uygulama ğretmeni tarafından yönlendirilen tartışma ortamı içerisinde öğrenciler hem kendi fikirlerinin hem de diğer arkadaşlarının fikirlerinin farkına varmışlar, kendi fikirleriyle arkadaşlarının fikirlerini ve kendi fikirleriyle bilimsel fikirleri karşılaştırma imkanı bulmuşlardır. Champagne vd. (1985), Hewson vd. (1998) ve Yörük ve Geban (2001), ğrencilerin kendi fikirleri ile bilimsel fikirleri karşılaştırma imkanı buldukları sınıf içi tartışmaların kavramsal değişimin lehine sonuçlandığını savunmuşlardır. Bu nedenle, kavramsal değişimi gerçekleştirmeyi amaçlayan çalışmalarda sınıf içi tartışmalara veya grup tartışmalarına yer verilmeli, öğrenciler kendi fikirleri ile onlara sunulan bilimsel fikirler arasında karşılaştırma yapmaları için teşvik edilmeli ve onlara bunun için yeterli zaman verilmelidir. Özellikle kavramsal değişim metinlerinin tek başına kullanıldığı çalışmalarda, kavramsal değişim metinlerinin tartışmalarla desteklenmesinin daha faydalı olacağı dşnlmektedir.

16. Kavramsal değişimi amaçlayan ğretim; öğrencinin mevcut bilgilerinin ve yanılırlarının farkına varabildiği ve bunları bilimsel fikirlerle karşılaştırarak yeniden düzenleyebildiği bütünleştirici bir yaklaşımı gerektirir (Posner vd., 1982; Hewson & Hewson, 1984). Bu açıdan bakıldığında, yapılan bir uygulama sonrası gerçekleşen kavramsal değişimi ayrıntılı olarak ortaya koymayı amaçlayan bir çalışmada, öğrencilere aynı kavramla ilgili ğretim öncesinde sahip olduğu fikirler ile ğretim sonrasında sahip olduğu fikirler sunularak, fikirlerindeki bu değişmelerin nasıl gerçekleştiği ve nedenleri sorgulanabilir. Bu sayede, öğrencilerde gerçekleşen kavramsal değişim hakkında daha detaylı bulgulara ulaşılabilir.

17. Bu çalışmadaki uygulama ğretmeni çalışma öncesinde kavram yanılırları, kavramsal değişim yaklaşımı ve kavramsal değişim stratejileri hakkında detaylı bir bilgiye

sahip olmadığı için, uygulamalar öncesinde öğrenme ortamında neleri yapması gerektiği ve nasıl yapması gerektiği konusunda bilgilendirilmiştir. Son yıllarda kabul gören yapısalci yaklaşımın ve kavramsal değişim yaklaşımının özellikle ülkemizde son birkaç yıldır benimsendiği düşünüldüğünde, mevcut öğretmenlerin bu yaklaşımlar hakkında ayrıntılı bilgiye sahip olmadıkları söylenebilir. Dolayısıyla, araştırmacılar veya program geliştirmeciler tarafından farklı yaklaşımlar temel alınarak hazırlanan materyallerin asıl uygulayıcıları olan öğretmenler tarafından daha etkili olarak kullanılabilmesi için, onların çağdaş öğretim yöntemleri hakkında bilgilendirilmeleri gerekmektedir. Bunu sağlamak için ise hizmet içi eğitim kursları düzenlenmeli ve öğretmenler lisans üstü eğitim yapmaları için teşvik edilmelidir.

6. 2. Araştırmacının Deneyimleri ve Diğer Araştırmacılara Önerileri

Ortaöğretim kimya müfredatında yer alan “Maddenin Yapısı” ünitesindeki “Kimyasal Bağlar” konusunun ve içerisindeki kavramların bilgisayar destekli öğretim materyali ve kavramsal değişim metinleri ile birlikte öğretiminin öğrencilerdeki kavramsal değişimi sağlamada ne derece etkili olduğunu belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışma sırasında araştırmacının yaşadığı deneyimler ve çalışmada ortaya çıkan sonuçlar dikkate alınarak, gelecekte ilgili alanda çalışmayı düşünen araştırmacılara şu önerilerde bulunulabilir:

1. Çalışmada öğrencilerin gözlemleyemedikleri moleküler boyuttaki tanecikleri ve etkileşimleri somutlaştırmak amacıyla kullanılan bilgisayar destekli bir öğretim materyalinin yanı sıra, öğrencilerin araştırılan konuya ilişkin fikirlerinde kavramsal değişimi sağlamak amacıyla kullanılan kavramsal değişim metinlerinden faydalanılmıştır. Dolayısıyla çalışmanın sonucunda ortaya çıkan başarının, uygulama sonrası öğrencilerin araştırılan kavramlara ilişkin anlamalarında gerçekleşen gelişimin ve olumlu yöndeki kavramsal değişimin üzerinde bu iki yöntemden hangisinin etkisinin daha fazla olduğunu veya hangi yöntemin etkisinin ne kadar olduğunu belirlemek oldukça zordur. Bu nedenle, çalışmada geliştirilen iki tür materyalden sadece bir tanesinin kullanıldığı iki ayrı uygulama (örneğin; kimyasal bağlar konusunun kavramsal değişim metinleriyle öğretimi veya kimyasal bağlar konusunun bilgisayar destekli öğretimi) yürütülerek, bu iki uygulamadan elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir. Bu sayede her iki yöntemin kavramsal değişime etkisini belirlemek açısından daha detaylı bilgi elde edilecektir.

2. Bu çalışmada; uygulama öncesinde (ön test), uygulamanın hemen ardından (son test, mülakatlar) ve uygulamadan uzun süre sonrasında (gecikmiş test) kullanılan veri toplama araçlarından elde edilen sonuçlar değerlendirilerek öğrencilerin zihinlerinde gerçekleşen kavramsal değişim ortaya konulmaya çalışılmıştır. Gecikmiş test uygulamaların bitiminden 16 hafta (yaklaşık dört ay) sonra uygulanmıştır. Ancak yine de çalışmanın kapsamı genişletilebilir ve çalışmada kullanılan test aynı örneklem grubuna birer yıl arayla ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıflarda da uygulanarak boylamsal (longitudinal) bir çalışma gerçekleştirilebilir. Bu sayede, farklı zamanlarda yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, öğrenci fikirlerinin veya kavramlarının zaman içerisinde nasıl bir değişim gösterdiği hakkında daha detaylı bilgilere ulaşılabilir.

3. Bu çalışmada kimyasal bağlar konusunun öğretimi için geliştirilmiş materyaller, çalışmadakine benzer bir yöntemle ve benzer veri toplama araçları kullanılarak farklı öğrenim seviyesindeki öğrencilere de uygulanabilir. Örneğin, bu kavramların işlendiği Lise 3 seviyesindeki öğrenciler üzerinde bu türden bir çalışma yürütülebilir. Ancak benzer bir çalışma Lise 3 seviyesindeki veya bu konunun işlendiği diğer seviyelerdeki öğrencilerle birlikte yürütülmeden önce, öğretim materyallerinin veya veri toplama araçlarının o seviyedeki öğrencilerle pilot çalışması yapılmalı, öğrenci seviyesi ve o seviyede konu için programda verilen içerik dikkate alınarak öğretim materyalleri veya veri toplama araçları üzerinde bazı değişiklikler yapılmalıdır.

4. Günümüze kadar yapılan kavram çalışmalarının büyük bir çoğunluğu öğrencilerin kavram yanılgılarını belirlemeye odaklanırken, bir kısmı ise kavramsal değişimi sağlamaya veya etkili kavram öğretimini sağlamaya yönelik kullanılan farklı öğretim yöntemlerinin etkililiği üzerine odaklanmıştır. Ancak bu çalışmada öğrencilerdeki yanılgıları belirlemenin yanı sıra bu yanılgıların olası nedenleri de belirlenmiş ve bunlar dikkate alarak öğretim planlanmıştır. Farklı konularda yapılacak çalışmalarda, sadece kavram yanılgılarının belirlenmesinden ziyade bu yanılgıların nelerden kaynaklanabileceğinin de belirtilmesi, öğretmenlerin ve diğer araştırmacıların bu olası nedenler üzerine daha spesifik olarak odaklanmalarını sağlayabilir.

5. Uygulanan bir öğretim sonrası öğrenci fikirlerinde gerçekleşen kavramsal değişimi veya gerçekleşen kavramsal değişimin kalıcılığını araştırmayı amaçlayan çalışmalarda, öğretimin uygulandığı tüm öğrencilerin fikirlerindeki değişimin değil de, yalnızca birkaç öğrencinin fikirlerindeki değişimin ayrıntılı olarak araştırıldığı çalışmalar yürütülebilir. Bu tür çalışmalarda öğrencilerde gerçekleşen değişimin nasıl gerçekleştiği, değişimi etkileyen

faktörlerin neler olduğu ve değişimin ne düzeyde gerçekleştiği daha derinlemesine araştırılabilir. Elbette bu tür çalışmalarda amaca yönelik daha detaylı ve faydalı veriler sağlayabilecek olan mülakatlara ve gözlem metotlarına yer verilmesi daha uygun olacaktır. Bu çalışmalar sayesinde, öğrencilerin araştırma süresince okuldaki (öğretmeninden veya akranlarından) ve okul dışındaki (günlük deneyimler, kitaplar vb.) öğrenmeleri yakından takip edilerek kavramsal değişim süreci (özellikleri, etkileyen faktörler ve bu faktörlerin ne kadar etkili olduğu vb.) hakkında şu ana kadar rapor edilmemiş, yeni bir birtakım sonuçlara da ulaşılabilir.

6. Kavramsal değişim metinleriyle ilgili yurt içinde yapılan bazı çalışmalar, bulgu ve sonuçlar kısmını oldukça genel vermekte, daha çok istatistiksel ve nicel veriler üzerinde odaklanmakta ve kullanılan kavramsal değişim metni örneklerini genellikle gizleme eğilimindedir. Bu durum, kavramsal değişim üzerine çalışan araştırmacılar için kaynak sıkıntısına neden olabilmektedir.

7. *Bölüm 3.1.*'de de bahsedildiği gibi, gerek ulusal gerekse uluslar arası literatürde kimyasal bağlar konusundaki her bir kavrama yönelik çok çeşitli öğrenci yanılgılarını rapor eden oldukça fazla sayıda çalışma bulunmaktadır. Öğrencilerin konudaki her bir kavrama ilişkin sahip olabilecekleri hemen hemen tüm yanılgılar daha önce ifade edildiğinden, çalışmada veri toplama aracı olarak; çeldiricileri o kavramla ilgili olası yanılgıları içeren çoktan seçmeli *Kimyasal Bağlar Kavram Testi* kullanılmıştır. Yürütülecek çalışmanın amacına göre, çoktan seçmeli ölçme aracı kullanmak yerine; öğrencinin fikirlerini kendisinin ifade etmesini veya çizim yapmasını gerektiren sorulardan oluşan açık uçlu bir testin veri toplama aracı olarak kullanılması daha faydalı olabilir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan *Kimyasal Bağlar Kavram Testi* ön, son ve gecikmiş uygulama şeklinde öğrencilere üç defa uygulanmıştır. Öğrenciler aynı teste üç defa cevap vermektense sıkılabilecekleri için, her bir uygulamada aynı kavramlarla ilgili öğrenci anlamalarını araştıran eşdeğer testler kullanılabilir. Ancak böyle bir durumda, her bir testteki maddelerin güçlük düzeylerinin, testlerin geçerlik ve güvenilirlik durumlarının eşdeğer şekilde hazırlanması araştırmacı için oldukça zor olacaktır. Ayrıca böyle bir durumda, testlerden elde edilen verilerin analizleri yapılırken veya istatistiksel karşılaştırmalar yapılırken birtakım sıkıntılar da yaşanabilir. Bu ve benzeri durumlar, daha araştırmanın planlanması aşamasında araştırmacı tarafından dikkatlice düşünülmelidir.

8. Gerek pilot çalışma sırasında gerekse asıl çalışma sırasında uygulama öğretmeni takdire değer bir duyarlılık göstermiş; çalışmada ifade edilen ve uygulayıcı tarafından dikkat

edilmesi gereken hususlara özen göstererek kavramsal değişim için gerekli öğrenme ortamını sınıfında oluşturabilmek için büyük gayret göstermiştir. Ancak yine de, bu türden çalışmalara katılan öğretmenlerin çalışmayı daha fazla önemsemelerini sağlamak ve onları eğitim kalitesini artırmaya yönelik bu türden bilimsel çalışmaların içinde yer almaları için teşvik etmek amacıyla, araştırmaya katıldıklarına ilişkin bir MEB veya üniversite onaylı bir katılım belgesinin verilmesi için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Ayrıca, yurt dışında olduğu gibi çalışmaya katılan öğretmenlere araştırma fonundan belli bir miktar ücretin verilmesi, çalışmanın verimini daha da artıracaktır.

9. Bu çalışmanın örneklemini Lise 1 öğrencileri oluşturmaktadır. Bilindiği üzere, lise öğrencileri birinci sınıfın sonunda hangi alanda çalışmak istedikleri veya puanları dikkate alınarak branşlaşmaktadırlar. Bu öğrenciler Lise 1'den sonra (Lise 2 ve 3) Fen, Sosyal veya Türkçe-Matematik alanlarında eğitimlerine devam etmektedirler. Nitekim, kimyasal bağlar konusu bahar döneminin son konularından biri olduğu için araya yaz tatili girmiş ve çalışmadaki gecikmiş testin uygulanması bir sonraki seneye kalmıştır. Ancak, uygulama yapılan sınıftaki öğrencilerin her biri bir sonraki yıl farklı branşlarda öğrenimlerine devam ettiklerinden, araştırmacı için birtakım sıkıntılar ortaya çıkmıştır. Uygulama yapılan okulunun idaresinin yardımlarıyla, önceki sene uygulama yapılan sınıfın listesi bulunmuş ve bu öğrencilerin her biri belirli bir tarihte okul idaresi tarafından bir sınıfta toplanmak suretiyle gecikmiş test uygulanmıştır. Bu nedenle özellikle Lise 1 düzeyinde çalışmayı planlayan araştırmacıların bu konuda dikkatli olması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, A. ve Scaife, J., 1997. Using Interviews to Assess Children's Understanding of Science Concepts, School Science Review, 78, 285, 79-84.
- Abraham, M.R., Williamson, V.M. ve Westbrook, S.L., 1994. A Cross-Age Study of the Understanding of Five Chemistry Concepts, Journal of Research in Science Teaching, 31, 2, 147-165.
- Akçay, H., Durmaz, A., Tüysüz, C. ve Feyzioğlu, B. 2006. Effects of Computer Based Learning on Students' Attitudes and Achievements Towards Analytical Chemistry, The Turkish Online Journal of Educational Technology, 5, 1.
- Akçay, H., Feyzioğlu, B. ve Tüysüz, C., 2003a. Kimya Öğretiminde Bilgisayar Benzeşimlerinin Kullanımının Lise Öğrencilerinin Başarısına ve Tutumuna Etkisi, Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri, 3, 1, 7-26.
- Akçay, H., Tüysüz, C. ve Feyzioğlu, B. 2003b. Bilgisayar Destekli Fen Bilgisi Öğretiminin Öğrenci Başarısına ve Tutumuna Etkisine bir Örnek: Mol Kavramı ve Avogadro Sayısı, The Turkish Online Journal of Educational Technology, 2, 2.
- Akdeniz, A. R., 1993. The Implementation of a New Secondary Physics Curriculum in Turkey: An Exploration of Teaching Activities, Doctoral Dissertation, University of Southampton, U.K.
- Akdeniz, A. R., Bektaş, U. ve Yiğit, N., 2000. İlköğretim 8. Sınıf Öğrencilerinin Temel Fizik Kavramlarını Anlama Düzeyi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 19, 5-14.
- Akdeniz, A.R. ve Yiğit, N., 2001. Fen Bilimleri Öğretiminde Bilgisayar Destekli (Logo) Destekli Materyallerin Öğrenci Başarısı Üzerine Etkisi: Sürtünme Örneği, Yeni Bin Yılın Başında Türkiye'de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Akkoyunlu, B., 1998. Bilgisayar ve Eğitimde Kullanılması: Çağdaş Eğitimde Yeni Teknolojiler. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayınları. Eskişehir.
- Akkuş, H., Kadayıfçı, H., Atasoy, B. ve Geban, Ö., 2003. Effectiveness of Instruction Based on The Constructivist Approach on Understanding Chemical Equilibrium Concepts, Research in Science and Technological Education, 21, 2 209-227.
- Alesandrini, K. L. ve Rigney, J. W., 1981. Pictorial Presentation and Review Strategies in Science Learning. Journal of Research in Science Teaching, 18, 5, 465-474.
- Alev, N., 1997. Fizik Eğitim-Öğretiminde Bilgisayar Destekli Yaklaşım, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Alkan, C., 1998. Eğitim Teknolojisi, Anı Yayıncılık, Ankara.

- Alparslan, C., Tekkaya, C. ve Geban, Ö., 2003. Using The Conceptual Change Instruction To Improve Learning, Journal of Biological Education, 37, 3, 133-137.
- Altın, K., 2001. Fizik Dersinde Bilgisayar Kullanımı: Bir Simülasyon Yazılımıyla Ders Geliştirilmesi. Yeni Bin Yılın Başında Türkiye’de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Altun, E., Uysal, E. ve Ünal, Ö., 1999. Bilgisayar Destekli Öğretimde Yazılımların Nitelik Sorununa Sistemik Bir Yaklaşım, D.E.Ü. Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, 10, 217-230.
- Alvermann, D. E. ve Hague, S. A., 1989. Comprehension of Counterintuitive Science Text: Effects of Prior Knowledge and Text Structure, Journal of Educational Research, 82, 197-202.
- Alvermann, D. E., Hynd, C. E. ve Quian, G., 1995. Effects of Interactive Discussion and Text Type on Learning Counterintuitive Science Concepts, Journal of Educational Research, 88, 146-154.
- Alvermann, D. E., Smith, L. C. ve Readence, J. E., 1985. Prior Knowledge Activation and The Comprehension of Compatible and Incompatible Text, Reading Research Quarterly, 20, 420-436.
- Andersson, B., 1986. Pupils' Explanations of Some Aspects of Chemical Reactions, Science Education, 70, 5, 549-563.
- Andersson, B., 1990. Pupils' Conceptions of Matter and Its Transformations (age 12-16). Studies in Science Education, 18, 53-85.
- Anderson, R. C. ve Pearson, P. D., 1984. A Schema-Theoretic View of Basic Processes in Reading Comprehension. In P. D. Pearson (Ed.), Handbook of Reading Research, Longman, New York.
- Arik, A. ve Polat, R., 2000. Liseler İçin Kimya Ders Kitabı 1, Oran Yayıncılık, İstanbul.
- Asan, A., 1998. Bilgiyi İşlemede Etkili Bir Bilgisayar Destekli Öğretim Yazılımı Hazırlamanın Temel İlkeleri, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Atasoy, B., Kadayıfçı H. ve Akkuş, H., 2003. Lise 3. Sınıftaki Öğrencilerin Kimyasal Bağlar Konusundaki Yanlış Kavramaları ve Bunların Giderilmesi Üzerine Yapılandırmacı Yaklaşımın Etkisi, Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 1, 61-79.
- Atıcı, B. ve Gürol, M., 2000. Bilgisayar Destekli İşbirlikli Öğrenme. IX. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

- Ayas, A., 1993. A Study of Teachers' and Students' View of the Upper Secondary Curriculum and Students' Understanding of Introductory Chemistry Concepts in the East Black-Sea Region of Turkey, Doctoral Dissertation, University of Southampton, U.K.
- Ayas, A., 1995. Fen Bilimlerinde Program Geliştirme ve Uygulama Teknikleri Üzerine Bir Çalışma: İki Çağdaş Yaklaşımın Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 11, 149-155.
- Ayas, A., Çepni, S., Johnson, D. ve Turgut, M. F., 1997. Kimya Öğretimi, YÖK/Dünya Bankası Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi Yayınları, Bilkent, Ankara.
- Ayas, A. ve Demirbaş, A., 1997. Turkish Secondary Students' Conceptions of Introductory Chemistry Concepts, Journal of Chemical Education, 74, 5, 518-521.
- Ayas, A., Karamustafaoğlu, S., Cerrah, L. ve Karamustafaoğlu, O., 2001a. Fen Bilimlerinde Öğrencilerdeki Kavram Anlama Seviyelerini ve Yanılgılarını Belirleme Yöntemleri Üzerine Bir İnceleme, X. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Ayas, A., Karataş, F. Ö., Ünal, S. ve Çalık, M., 2001b. Gazlar Konusu İle İlgili Bilgisayar Destekli Öğretim Yazılımlarının Yeterliliklerinin Araştırılması, Maltepe Üniversitesi, Yeni Binyılın Başında Türkiye'de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Ayas, A., Özmen, H., Demircioğlu, G. ve Sağlam, M., 1999. Türkiye'de ve Dünyada Yapılan Program Geliştirme Çalışmaları: Kimya Açısından Bir Değerlendirme, D.E.Ü. Buca Eğitim Fakültesi Dergisi, Özel Sayı, 11, 211-219.
- Ayas, A. ve Sağlam, M., 1998. İlköğretim 5. Sınıf Öğrencilerinin Temel Kimya Kavramlarını Anlama Seviyesi, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, KTÜ. Fatih Eğitim Fakültesi, Trabzon.
- Azar, A., 2001. Üniversite Öğrencilerinin Elektrik Konusundaki Kavram Yanılgılarının Analizi, Yeni Binyılın Başında Fen Bilgisi Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Bachor, D., 2000. Reformating Reporting Methods For Case Studies, Paper presented at the Australian Association for Research in Education, Sydney, New South Wales, Australia.
- Baki, A., 1996. Matematik Öğretiminde Bilgisayar Her Şeymidir?, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 12, 135-143.
- Baki, A. ve Öztekin, B., 2001. Bilgisayar Donanımlı Ortamda Fonksiyon ve Grafiklerin Öğretimi, Matematik Etkinlikleri Sempozyumu, Ankara.
- Bar, V. ve Travis, A.S. 1991. Children's Views Concerning Phase Changes, Journal of Research in Science Teaching, 28, 363-382.

- Barker, V. ve Millar, R., 2000. Students' Reasoning About Basic 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.
- Bayır, G., 2000. Effect of Conceptual Change Text Instruction on Students' Understanding of Chemical Change and Conservation of Mass Concepts, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Baykal, A., 1990. Eğitimci İçin Bilgisayar Nedir, Ne Değildir? MÜ Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 2, 37-43.
- Beeth, M. E., 1998. Teaching Science in Fifth Grade: Instructional Goals That Support Conceptual Change, Journal of Research in Science Teaching, 35, 10, 1091-1101.
- Bell, J., 1987. Doing Your Research Project A guide for the First-Time Researchers in Education and Social Science, Open University Press, England.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. ve Silberstein, H., 1986. Is an Atom of Copper Malleable? Journal of Chemical Education, 63, 1, 64-66.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. ve Silberstein, J., 1987. Students' Visualization of a Chemical Reaction, Education in Chemistry, 12, 117-120.
- Beydoğan, H.Ö., 1998. Okullarda Ölçme ve Değerlendirme, Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Yayınları, Yayın No. 72, Erzurum.
- Bilgin, İ. ve Geban, Ö., 2001. Benzeşim (Analoji) Yöntemi Kullanarak Lise 2. Sınıf Öğrencilerinin Kimyasal Denge Konusundaki Kavram Yanılgılarının Giderilmesi, Yeni Bin Yılın Başında Türkiye'de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Birk, J. P. ve Kurtz, M. J., 1999. Effect of Experience on Retention and Elimination of Alternative Conceptions about Molecular Structure and Bonding, Journal of Chemical Education, 76, 1, 124-128.
- Bloom, B.S., 1979. İnsan Nitelikleri ve Okulda Öğrenme, (Çeviren: D.A. Özçelik), Milli Eğitim Basımevi, Ankara.
- Bodner, G.M., 1990. Why Good Teaching Fails and Hard-Working Students Do Not Always Succeed? , Spectrum, 28, 1, 27-32.
- Boo, H. K., 1998. Students' Understanding of Chemical Bonding and Energetics of Chemical Reactions, Journal of Reseach in Science Teaching, 35, 5, 569-581.
- Brewer, W. F., 1980. Literary Theory, Rhetoric, and Stylistics: Implications for Psychology. In Spiro, R.J., Bruce, B. C. and Brewer, W. F. (Eds.), Theoretical issues in reading comprehension: Perspectives from cognitive psychology, linguistics, artificial intelligence, and education, Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Briggs, H. ve Holding, B., 1986. Aspects of Secondary Students' Understanding of Elementary Ideas in Chemistry, Full Report, CLISP: University of Leeds.
- Brown, H. J., 1977. Perception, Theory and Commitment: The New philosophy of Science, University of Chicago Press, Chicago.
- Brown, D.E., 1994. Facilitating Conceptual Change Using Analogies and Explanatory Models, International Journal of Science Education, 16, 2, 201-214.
- Brown, D. E. ve Clement, J., 1989. Overcoming Misconceptions by Analogical Reasoning: Abstract Transfer Versus Explanatory Model Construction, Instructional Science, 18, 237-261.
- 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.
- Bülbül, H. İ., 1999. Öğretim Amaçlı Bilgisayar Yazılımlarında Ekran Tasarımı, Milli Eğitim, 144, 74-79.
- Canpolat, N., 2002. Kimyasal Denge ile İlgili Kavramların Anlaşılmasında Kavramsal Değişim Yaklaşımının Etkinliğinin İncelenmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Case, M.J. ve Fraser, M.D., 1999. An Investigation into Chemical Engineering Students' Understanding of the Mole and the Use of Concrete Activities to Promote Conceptual Change, International Journal of Science Education, 21, 12, 1237-1249.
- Cavin, C. S., Cavin, E. D. ve Lagowski, J. J., 1981. The Effect of Computer-Assisted Instruction on the Attitudes of College Students toward Computers and Chemistry, Journal of Research in Science Teaching, 18, 4, 329-333.
- Chambers, S. K. ve Andre, T., 1997. Gender, Prior Knowledge, Interest, and Experience in Electricity and Conceptual Change Text Manipulations in Learning about Direct Current, Journal of Research in Science Teaching, 34, 2, 107-123.
- Chang, L.J., Yang, J.C. ve Chan, T.W., 2002. Multilayer Educational Services Platforms and Its Implementation, In Proceedings of The International Conference on Computers in Education (ICCE), Auckland: New Zealand.
- Chi, M. T. H. ve Roscoe, R. D., 2002. The Process and Challenges of Conceptual Change, In M. Limón and L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, Kluwer, Dordrecht.
- Clement, J., Brown. O. ve Zietsman, A., 1989. Not All Preconceptions are Misconceptions: Finding 'anchoring conceptions' for Grounding Instruction on Students' Intuitions, International Journal of Science Education, 11, 5, 554-565.

- Clement, J. 1987. Overcoming Students' Misconceptions in Physics: The Role of Anchoring Intuitions and Analogical Validity. In: Novak J (ed) Proceedings of the second international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics, Cornell University, Ithaca, NY.
- Cohen, L. ve Manion, L., 1989. Research Methods in Education, Third Edition, Routledge Publications, New York.
- Coll, R. K. ve 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. ve Treagust, D.F., 2001a. Learners' Mental Models of Chemical Bonding, Research in Science Education, 31, 357-382.
- Coll, R. K. ve Treagust, D. F., 2001b. Learners' Use of Analogy and Alternative Conceptions for Chemical Bonding: A Cross-Age Study, Australian Science Teachers' Journal, 48, 1, 24-32.
- Coll, R. K. ve Treagust, D. F., 2003. Investigation of Secondary School, Undergraduate, and Graduate Learners' Mental Models of Ionic Bonding, Journal of Research in Science Teaching, 40, 5, 464-486.
- Colletta, A.T. ve Chiappetta, E.L., 1989. Science Instruction in the Middle and Secondary Schools. Second Edition, Merril Publishing Company, Toronto, Canada.
- Comber, M., 1983. Concept Development in Relation to Particulate Theory of Matter in the Middle School, Research in Science and Technological Education, 1, 1, 27-39.
- Copolo, C.F., 1992. Using Hand-Held and Computer Models As Manipulatives to Teach Organic Isomers in Three Dimensions. Doctoral dissertation, University of North Carolina.
- Copolo, C. F. ve Hounshell, P. B., 1995. Using Three-Dimensional Models to Teach Molecular Structures in High School Chemistry, Journal of Science Education and Technology, 4, 4, 295-305.
- Cosgrove, M. ve Osborne, R., 1985. Lesson Frameworks for Changing Children's Ideas. In Osborne, R. and Freyberg, P., 1996. Learning in Science: The Implication of Children's Science, Published by Heinemann Education, London.
- Coştu, B., 2002. Ortaöğretimin Farklı Seviyelerindeki Öğrencilerin Buharlaştırma Yoğunlaştırma ve Kaynama Kavramlarını Anlama Düzeylerine İlişkin Bir Çalışma, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Coştu, B., 2006. Kavramsal Değişimin Gerçekleşme Düzeyinin Belirlenmesi: "Buharlaştırma, Yoğunlaştırma ve Kaynama", Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Coştu, B. ve Ayas, A., 2005. Evaporation in Different Liquids: Secondary Students' Conceptions, Research in Science and Technological Education, 23, 1 73-95.
- Coştu, B., Çepni, S. ve Yeşilyurt, M., 2002a. Hal Değişimi ile İlgili Kavram Yanılgılarına Yönelik Bilgisayar Destekli Materyallerin Kullanılması, V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, ODTÜ, Ankara.
- Coştu, B., Karataş, F.Ö. ve Ayas, A., 2002b. Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde Çalışma Yapraklarının Kullanılması, XVI. Ulusal Kimya Kongresi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Coştu, B., Karataş, F.Ö. ve Ayas, A., 2003. Kavram Öğretiminde Çalışma Yapraklarının Kullanılması, Pamukkale Eğitim Fakültesi Dergisi, 2, 14, 33-48.
- Çakır, Ö. S., Uzuntiryaki, E. ve Geban, Ö., 2002. Contribution of Conceptual Change Texts and Concept Mapping To Students' Understanding of Acids And Bases, Paper Presented at The Annual Meeting of The National Association For Research in Science Teaching, New Orleans, LA.
- Çalık, M., 2003. Farklı Öğrenim Seviyesindeki Öğrencilerin Çözeltilerle İlgili Kavramları Anlama Seviyelerinin Karşılaştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çalık, M., 2006. Bütünleştirici Öğrenme Kuramına Göre Lise 1 Çözeltiler Konusunda Materyal Geliştirilmesi ve Uygulanması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çalık, M. ve Ayas, A., 2002. Öğrencilerin Bazı Kimya Kavramlarını Anlama Seviyelerinin Karşılaştırılması, 2000' li Yıllarda I. Öğrenme ve Öğretme Sempozyumu, İstanbul.
- Çalık, M. ve Ayas, A., 2005. A Comparison of Level of Understanding of Grade 8 Students and Science Student Teachers Related to Selected Chemistry Concepts, Journal of Research in Science Teaching, 6, 1, 30-41.
- Çalık, M. ve Ayas, A., 2004. Farklı Öğrenim Seviyesindeki Öğrencilerin Çözünme Hakkındaki Anlamaları: Olay Odaklı Bir Karşılaştırma, Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi, 1, 61-81.
- Çepni, S., 1993. New Secondary Science Teacher's Development in Turkey: Implication for the Academy of New Teachers Programme, Doctoral Dissertation, University of Southampton, U.K.
- Çepni, S., 2005. Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş, Üç Yol Kültür Merkezi, Trabzon.
- Çepni, S., Aydın, A. ve Ayvacı, H. Ş., 2000. İlköğretim 4. ve 5. Sınıf Öğrencilerinin İlköğretim Fen Bilgisi Müfredatındaki Temel Fizik Kavramlarını Anlama Düzeylerinin Belirlenmesi, IV. Ulusal Fen Bilimleri Kongresi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Ankara.

- Çepni, S., Taş, E. ve Köse, S., 2006. The Effects of Computer-Assisted Material on Students' Cognitive Levels, Misconceptions and Attitudes Towards Science, Computer and Education, 46, 2, 192-205.
- Çetin, G., Ertepinar, H. ve Geban, Ö., 2004. Effects of Conceptual Change Approach on Ninth Grade Students' Ecology Achievement: Attitudes towards Biology and Environment, 4th European Symposium Conceptual Change: Philosophical, Historical, Psychological, and Educational Approaches. EARLI, Greece.
- Çil, N., 2000. Effectiveness of Using Conceptual Change Oriented Instruction for Teaching the Acid-Base Concepts, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dagher, Z.R., 1994. Does the Use of Analogies Contribute to Conceptual Change?, Science Education, 78, 6, 601-614.
- Demirci, N., 2003. Bilgisayarla Etkili Öğretme Stratejileri ve Fizik Öğretimi, Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Demircioğlu, G., 2003. Lise II Asitler ve Bazlar Ünitesi İle İlgili Rehber Materyal Geliştirilmesi ve Uygulanması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G., Ayas, A., 2004. Kavram Yanılgılarının Çalışma Yapraklarıyla Giderilmesine Yönelik bir Çalışma, Milli Eğitim Dergisi, 163, 120-130.
- Demirel, Ö., 1994. Genel Öğretim Yöntemleri, Usem Yayınları, Ankara.
- Demirel, Ö., 1998. Eğitimde Program Geliştirme, Pegem A Yayıncılık, İstanbul.
- De Posada, J.M., 1997. Conceptions of High School Students Concerning the Internal Structure of Metals and Their Electric Conduction: Structure and Evolution. Science Education, 81, 445-467.
- Diakidoy, I. N., 1999. Comprehension and Learning from Scientific Text. In A. Gagatsis (Ed.), A Multidimensional Approach to Learning in Mathematics and Science, GR: Art of Text, Thessaloniki.
- Diakidoy, I. N., Kendeou, P. ve Ioannides, C., 2003. Reading about Energy: The Effects of Text Structure in Science Learning and Conceptual Change, Contemporary Educational Psychology, 28, 335-356.
- diSessa, A. A., 2002. Why Conceptual Ecology Is A Good Idea, In M. Limón and L. Mason (Eds.), Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice, Dordrecht, Kluwer.
- Doğruöz, P., 1998. Effect of Science Process Skill Oriented Lesson on Understanding of Fluid Force Concepts, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Dole, J. A., 2000. Readers, Texts and Conceptual Change Learning, Reading and Writing Quarterly, 16, 99-118.
- Driver, R., 1981. Pupils' Alternative Frameworks in Science, European Journal of Science Education, 3, 93-101.
- Driver, R., 1983. The pupil as Scientist? Open University Pres, Milton Keynes, UK.
- 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.
- Driver, R. ve Oldham, V., 1986. A Constructivist Approach to Curriculum Development, Studies in Science Education, 13, 105-122.
- Ebenezer, J., 2001. A Hypermedia Environment to Explore and Negotiate Students' Conceptions: Animation of the Solution Process of Table Salt, Journal of Science Education and Technology, 10, 73-91.
- Ebenezer, J.V., Erickson, L.G., 1996. Chemistry Students' Conception of Solubility: A Phenomenography, Science Education, 80, 2, 181-201.
- Ebenezer, J.V. ve Fraser, M.D., 2001. First Year Chemical Engineering Students' Conception of Energy in Solution Processes: Phenomenographic Categories for Common Knowledge Construction, Science Education, 85, 509-535.
- Ekiz, D., 2003. Eğitimde Araştırma Yöntem ve Metotlarına Giriş: Nitel, Nicel ve Eleştirel Kuram Metodolojileri, Anı Yayıncılık, Ankara.
- Eltin, E. M. ve Roberts, C. W., 1993. Linguistic Content Analysis: A Method to Measure Science as an Inquiry in Textbooks. Journal of Research in Science Teaching, 30, 65-83.
- Erden, M., 1998. Öğretmenlik Mesleğine Giriş, Alkım Yayınları, İstanbul.
- Ergün, M., 1998. İnternet Destekli Eğitim, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1, 84-92.
- Erickson, G. L., 1979. Children's Conceptions of Heat and Temperature, Science Education, 63, 221-230.
- Erickson, G. L., 1980. Children's Viewpoints of Heat: A Second Look, Science Education, 64, 323-336.
- Ertepinar, H., Demircioğlu, H., Geban, Ö. ve Yavuz, D., 1998. Benzeşme ve Bilgisayarlı Öğretimin Mol Kavramını Anlamaya Etkisi, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

- Eshach, H. ve Garik, P., 2001. Students' Conceptions about Atoms and Atom-bonding. Available online at: www.bu.edu/smec/qsad/ed/QM_NARST_finalpg.pdf (accessed 20 December, 2005).
- Fellows, N. J., 1994. A Window into Thinking: Using Student Writing to Understand Conceptual Change in Science Learning, Journal of Research in Science Teaching, 31, 9, 985-1001.
- Finney, M.J., 2002. The Role of Print and Video in Changing Science Misconceptions, Electronic Journal of Literacy through Science, 1, 2.
- Flagg, B. N., 1990. Formative Evaluation for Educational Technologies, Lawrence Erlbaum Associates Publications, New Jersey.
- Friedler, Y., Merin, O. ve Tamir, P., 1992. Problem-Solving Inquiry-Oriented Biology Tasks Integrating Practical Laboratory and Computer, Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 11, 3, 347-57.
- Furio, C. ve Calatayud L., 1996. Difficulties with The Geometry and Polarity of Molecules: Beyond Misconceptions, Journal of Chemical Education, 73, 1, 36-41.
- Gabel, D.L., 1993. Use of the Particle Nature of Matter in Developing Conceptual Understanding. Journal of Chemical Education , 70, 3, 193-194.
- Gabel, D.L., Samuel, K.V. ve Hunn, D. 1987. Understanding the Particulate Nature of Matter, Journal of Chemical Education, 64, 8, 695-697.
- Gabel, D. ve Sherwood, R., 1980. The effect of Student Manipulation of Molecular Models on Chemistry Achievement According to Piagetian Level, Journal of Research in Science Teaching, 17, 1, 75-81.
- Garnett, P.J. ve Treagust, D.F., 1992. Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Chemistry: Electrochemical (Galvanic) and Electrolytic Cells, Journal of Research in Science Teaching, 29, 10, 1079-1099.
- Geban, Ö., Aşkar, P. ve Özkan, İ., 1992. Effects of Computer Simulations and Problem Solving Approaches on High School Students, Journal of Educational Research, 86: 5-10.
- Geban, Ö. ve Bayır, G., 2000. Effect of Conceptual Change Approach on Students' Understanding of Chemical Change and Conservation of Matter, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 19, 79-84.
- Geban, Ö. ve Demircioğlu, H. 1996. Fen Bilgisi Öğretiminde Bilgisayar Destekli Öğretim ve Geleneksel Problem Çözme Etkinliklerinin Ders Başarısı Bakımından Karşılaştırılması. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 12, 183-185.
- Gemici, Ö., Korkusuz, M.E., Bozan, M. ve Sarıkaya, A., 2001. Bilgisayar Destekli Fen Eğitimi ve Bir Örnek Uygulama. Yeni Bin Yılın Başında Türkiye'de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.

- Gezer, K., Köse, S., Durkan, N. ve Uşak, M., 2003. Biyoloji Alanında Yapılan Program Geliştirme Çalışmalarının Karşılaştırılması: Türkiye, İngiltere ve ABD Örneği, Pamukkale Eğitim Fakültesi Dergisi, 2, 14, 49-62.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. ve Fensham, P. J., 1982b. Children's Science and Its Consequences for Teaching, Science Education, 66, 4, 623-633.
- Gilbert, J. K., Watts, D. M. ve Osborne, R. J., 1982a. Students' Concepts of Ideas in Mechanics, Physics Education, 17, 62-66.
- 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.
- Glynn, S. M. ve Takahashi, T., 1998. Learning from Analogy-Enhanced Science Text, Journal of Science Teaching, 35, 10, 1129-1149.
- Goh, N.K., Khoo, L.E. ve Chia, L.S., 1993. Some Misconceptions in Chemistry: A Cross-Cultural Comparison and Implications for Teaching. Australian Science Teachers Journal, 39, 3, 65-68.
- Gorodetsky, M. ve Gussarsky, E., 1986. Misconceptualization of the Chemical Equilibrium Concept as Revealed by Different Evaluation Methods, European Journal of Science Education, 8, 4, 427-441.
- Gorsky, P. ve Finegold, M., 1992. Using Computer Simulations to Restructure Students' Conception of Force, Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 11, 2, 163-178.
- Graesser, A. C., Swamer, S. S., Baggett, W. B. ve Sell, M. A., 1996. New Models of Deep Comprehension. In B. K. Britton and A. C. Graesser (Eds.), *Models of understanding text*, Mahwah, NJ: Lawrence, Erlbaum and Associates.
- Griffiths, A.K. ve Preston, K.R., 1992. Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules, Journal of Research in Science Teaching, 29, 6, 611-628.
- Griffiths, A.K., Thomey, K., Cooke, B. ve Normore, G., 1988. Remediation of Student-Specific Misconception Relating to Three Science Concepts, Journal of Research in Science Teaching, 25, 9, 709-719.
- Guzzetti, B. J., 2000. Learning Counter-Intuitive Science Concepts: What Have We Learned From Over A Decade of Research, Reading and Writing Quarterly, 16, 2, 89-98.
- Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., ve Glass, G. V., 1992. Promoting Conceptual Change in Science: Can Texts be Used Effectively, Journal of Reading, 35, 8, 642-649.
- Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V. ve Gamas, W. S., 1993. Promoting Conceptual Change in Science: A Comparative Meta-analysis of Instructional Interventions from Reading Education and Science Education, Reading Research Quarterly, 28, 117-155.

- Guzzetti, B. J., Williams, W. O., Skeels, S. A. ve Wu, S. M., 1997. Influence of Text Structure on Learning Counterintuitive Physics Concepts. Journal of Research in Science Teaching, 34, 701-719.
- Güler, M.H. ve Sağlam, N., 2002. Biyoloji Öğretiminde Bilgisayar Destekli Öğretimin ve Çalışma Yapraklarının Öğrencilerin Başarısı ve Bilgisayara Karşı Tutumlarına Etkileri, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23, 117-126.
- Haggas, A. ve Hantula, D.A., 2002. Think or Click? Student Preference for Overt vs. Covert Responding in a Web-based Tutorial, Computers in Human Behavior, 18, 165-172.
- Haidar, A.H., 1997. Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of The Conservation Matter and Related Concepts, Journal of Research in Science Teaching, 34, 181-197.
- Haidar, A.H. ve Abraham, M.R., 1991. A Comparison of Applied and Theoretical Knowledge of Concept Based on the Particulate Nature of Matter, Journal of Research in Science Teaching, 28, 10, 919-938.
- Halloun, I.A. ve Hestenes, D., 1985. Common Sense Concepts About Motion. American Journal of Physics, 53, 11, 1056-1065.
- Hameed, H., Hackling, M.W. ve Garnett, P.J., 1993. Facilitating Conceptual Change in Chemical Equilibrium Using a CAI Strategy, International Journal of Science Education, 15, 2, 221-230.
- Hand, B., 1989. Student Understandings of Acids and Bases: A Two Year Study, Research in Science Education, 19, 133-144.
- Hannafin, M.J. ve Peck, K.L., 1988. The Design, Development, and Evaluation of Instructional Software. Macmillan Publishing Company. New York.
- Hapkiewicz, A., 1991. Clarifying Chemical Bonding, The Teacher Science, 58, 3, 24-27.
- Harrison, A. G., and Treagust, D., 2000. Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple model use in grade 11 chemistry. Science Education, 84, 352– 381.
- Harmon W., 1970. An Incomplete Guide to the Future. WW Norton, Newyork.
- Helm, H., 1980. Misconceptions in Physics amongst South African Students, Physics Education, 15, 92-105.
- Hennessey, M.G., 1993. Students' Ideas About Their Conceptualisation: Their Elicitation Through Instruction. Paper Presented at Annual Meeting of the American Educational Research Association. Atlanta, GA.
- Henriques, L., 2000. Children's Misconceptions About Weather: A Review of The Literature, Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, New Orleans, L.A.

- Hesse, J.J. ve Anderson, C.W., 1992. Students' Conceptions of Chemical Change, Journal of Research in Science Teaching, 29, 3, 277-299.
- Hewson, P.W., 1981. A Conceptual Change Approach to Learning Science, European Journal of Science Education, 3, 383-396.
- Hewson, P.W., 1982. Epistemological Commitments in the Learning of Science: Examples from Dynamics, European Journal of Science Education, 7, 163-172.
- Hewson, P.W., 1985. A Case Study of Conceptual Change in Special Relativity: The Influence of Prior Knowledge in Learning, European Journal of Science Education, 4, 61-78.
- Hewson, P.W., Beeth, M.E. ve Thorley, N.R., 1998. Teaching for Conceptual Change. In K. G. Tobin and B.J. Fraser (Eds), *International Handbook of Science Education*, Dordrecht, Netherlands.
- Hewson, M.G. ve Hewson, P.W., 1983. Effect of Instruction Using Students' Prior Knowledge and Conceptual Change Strategies on Science Learning, Journal of Research in Science Teaching, 20, 8, 731-743.
- Hewson, P. W. ve Hewson, M. G., 1984. The Role Conceptual Conflict in Conceptual Change and The Design of Science Instruction, Instructional Science, 13, 1-13.
- Hewson, P.W ve Thorley, N.R., 1989. The Conditions of Conceptual Change in The Classroom, International Journal of Science Education, 11, 541-553.
- Hızal, A., 1989. Bilgisayar Eğitimi ve Bilgisayar Destekli Öğretime İlişkin Öğretmen Görüşlerinin Değerlendirilmesi, *Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları*, No: 11, Eskişehir.
- Hounshell, P.B. ve Hill, S.R., 1989. The Microcomputer and Achievement and Attitudes in High School Biology, Journal of Research in Science Teaching, 26, 6, 543-549.
- Huddle, P. A., White, M. W. ve Rogers, F., 2000. Simulations For Teaching Chemical Equilibrium, Journal of Chemical Education, 77, 7, 920-926.
- Huppert, J., Lomask, S. M. ve Lazarowitz, R., 2002. Computer Simulations in the High School: Students' Cognitive Stages, Science Process Skills and Academic Achievement in Microbiology, International Journal of Science Education, 24, 803-821.
- Hynd, C., 2001a. Persuasion and Its Role in Meeting Educational Goals, Theory into Practice, 40, 4, 270-277.
- Hynd, C. R., 2001b. Refutational Texts and The Change Process, International Journal of Educational Research, 35, 699-714.

- Hynd, C. ve Alvermann, D. E., 1986. The Role of Refutation Text in Overcoming Difficulty with Science Concepts, Journal of Reading, 29, 440-446.
- Hynd, C. E., Alvermann, D. E. ve Quian, G., 1997. Preservice Elementary School Teachers' Conceptual Change About Projectile Motion: Refutation Text, Demonstration, Affective Factors, and Relevance, Science Education, 81, 1-27.
- Hynd, C.R., McWhorter, Y.J., Phares, V.L. ve Suttles, C.W., 1994. The Role of Instructional Variables in Conceptual Change in High School Physics Topics, Journal of Research in Science Teaching, 31, 9, 933-946.
- İşman, A., 2001. Bilgisayar ve Eğitim. Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 2, 1-34.
- Johnstone, A.H., 1982. Macro- and Micro- chemistry. School Science Review, 64, 377-379.
- Johnstone A.H., 1991. Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom What They Seem, Journal of Computer-Assisted Learning, 7, 701-703.
- Kabapınar, F., 2001. Ortaöğretim Öğrencilerinin Çözünürlük Kavramına İlişkin Yanılgılarını Besleyen Düşünce Birimleri, Yeni Bin Yılın Başında Türkiye' de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Kabapınar, F., Özdener, N. ve Salan, Ü., 2000. Ortaöğretim Fizik ve Kimya Derslerinde Yaygın Olarak Kullanılan Bilgisayar Yazılımlarının Dizayn Açısından İncelenmesi, IV. Fen Bilimleri Eğitimi Kongresi, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Ankara.
- Karaca, F., 2004. Lise 1 Kimya Ders Kitabı, Paşa Yayıncılık, Ankara.
- Karahan, M., 2001. İnternet Eğitimine Giriş, Kubbealtı Yayıncılık, Malatya.
- Karamustafaoğlu, S., Ayas, A. ve Coştu, B., 2002. Sınıf Öğretmen Adaylarının Çözümler Konusundaki Kavram Yanılgıları ve Bu Yanılgıların Kavram Haritası Tekniği İle Giderilmesi, V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Ankara
- Karasar, N., 1998. Bilimsel Araştırma Yöntemleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Karataş, F. Ö., 2003. Lise 2 Kimyasal Denge Konusunun Öğretiminde Bilgisayar Paket Programları ile Klasik Yöntemlerin Etkililiğinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karataş, F.Ö., Coştu, B. ve Ayas, A., 2003. BDÖ Hayal mi? Bilgisayarların Okullarda Öğrenim Amaçlı Kullanımına Yönelik Bir Öneri, XVII. Ulusal Kimya Kongresi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Keser, H., 1993. Eğitim Teknolojisinde Bilgisayarla Öğretim Alanında Çağdaş Gelişmeler, Eğitim Bilimleri Birinci Ulusal Kongresi, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.

- Kıyıcı, G. ve Yumuşak, A., 2005. Fen Bilgisi Laboratuvarı Dersinde Bilgisayar Destekli Etkinliklerin Öğrenci Kazanımları Üzerine Etkisi; Asit-Baz Kavramları ve Titrasyon Konusu Örneği, The Turkish Online Journal of Educational Technology, 4, 4.
- Kim, S. ve Van Dusen, L.M., 1998. The Role of Prior Knowledge and Elaboration in Text Comprehension and Memory: A Comparison of Self-Generated and Text Provided Elaboration, American Journal of Psychology, 111, 353-378.
- Kintsch, W., 1988. The Role of Knowledge in Discourse Comprehension: A Constructive-Integration Model, Psychological Review, 95, 163-182.
- Korfiatis, K., Papatheodorou, E., Stamou, G.P. ve Paraskevopoulous, S., 1999. An Investigation of The Effectiveness of Computer Simulation Programs as Tutorial Tools for Teaching Population Ecology at University. International Journal of Science Education, 21, 12, 1269-1280.
- Kozma, R.B. ve Russell, J., 1997. Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representation of Chemical Phenomena, Journal of Research in Science Teaching, 34, 9, 949-968.
- Köse, S. 2004. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarında Fotosentez ve Bitkilerde Solunum Konularında Görülen Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde Kavram Haritalarıyla Verilen Kavram Değişim Metinlerinin Etkisi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Köseoğlu, F., Budak, E. ve Kavak, N., 2002. Yapılandırıcı Öğrenme Teorisine Dayanan Ders Materyali – Öğretmen Adaylarına Asit-Baz Konusu İle İlgili Kavramların Öğretilmesi. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, ODTÜ, Ankara.
- Kurbanoğlu, S. ve Akkoyunlu, B., 2001. Öğrencilere Bilgi Okur Yazarlığı Becerilerinin Kazandırılması Üzerine Bir Çalışma, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21, 81-88.
- Küçükahmet, L., 1998. Öğretim İlke ve Yöntemleri, Alkım Yayınları, Ankara.
- Large, A., 1996. Computer Animation in an Instructional Environment. Library and Informative Science Research, 18, 1, 3-23.
- Libarkin, J. C. ve Kurdziel, J. P., 2002. Research Methodologies in Science Education: Qualitative Data, Journal of Geoscience Education, 50, 2, 195-200.
- Linke, R. D. ve Venz, M. I., 1978. Misconceptions in Physical Science Among Non-Science Background Students, Research in Science Education, 8, 183-193.
- Linke, R. D. ve Venz, M. I., 1979. Misconceptions in Physical Science Among Non-Science Background Students: II, Research in Science Education, 9, 103-109.
- Lipson, M. Y., 1982. Learning New Information from Text: The role of Prior Knowledge and Reading Ability, Journal of Reading Behavior, 14, 243-261.

- M.E.B., 1992. Kimya 1, 2, 3, Dersi Öğretim Programı, 2359 Sayılı Tebliğler Dergisi.
- Mak, S.Y. ve Young, K., 1987. Misconception in Teaching of Heat, School Science Review, 464-470.
- Marek, E. A., 1986. They Misunderstand, But They'll Pass, The Science Teacher, 53, 9, 32-35.
- Maria, K. ve MacGinitie, W., 1987. Learning from Texts that Refute the Reader's Prior Knowledge, Reading Research and Instruction, 26, 4, 222-238.
- Martinez, N.M., 2001. Characteristics of the Methodology Used to Describe Students' Conceptions, International Journal of Science Education, 23, 7, 663-690.
- McCloskey, M. 1983. Intuitive Physics. Scientific American, 248, 122-130.
- McDermott, L.C., 1990. Research and Computer-based Instruction: Opportunity for Interaction, American Journal of Physics, 58, 5, 452-462.
- Mcintosh, W. J., 1986. The Effect of Imagery Generation on Science Rule Learning, Journal of Research in Science Teaching, 23, 1, 1 – 9.
- Merriam, S.B., 1988. Case Study Research in Education, Jossey-Bass Inc. Publishers, San Francisco.
- Mikkila, M., 2001. Improving Conceptual Change Concerning Photosynthesis Through Text Design, Learning and Instruction, 11, 3, 241-257.
- Mistler-Jackson, M. ve Songer, N.B., 2000. Student Motivation and Internet Technology: are Students Empowered to Learn Science?, Journal of Research in Science Teaching, 37, 5, 459-479.
- Morgil, İ., Erökten, S., Yavuz, S. ve Oskay, Ö.Ö., 2004. Computerized Applications on Complexation in Chemical Education, The Turkish Online Journal of Educational Technology, 3, 4.
- Mortimer, E. F., 1995. Conceptual Change or Conceptual Profile Change?, Science and Education, 4, 267-285.
- Nakhleh, M. B., 1992. Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions, Journal of Chemical Education, 69, 3, 191-196.
- Niaz, M., 2001. A Rational Reconstruction of The Origin of The Covalent Bond and Its Implications For General Chemistry Textbooks, International Journal of Science Education, 23, 6, 623-644.
- Nicoll, G. A., 2001. Report of Undergraduates' Bonding Misconception, International Journal of Science Education, 23, 7, 707-730.

- Noh, T. ve Scharmann, L.C., 1997. Instructional Influence of a Molecular-level Pictorial Presentation of Matter on Students' Conceptions and Problem-solving Ability, Journal of Research in Science Teaching, 34, 2, 199-217.
- Novak, J.D., 1977. A Theory of Education, Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Novak, J.D. ve Gowin, D.B., 1998. Learning How to Learn, Cambridge University Press, USA.
- Nussbaum, J., 1985. The Particulate Nature of Matter in the Gaseous Phase. In Driver, R., Guesne, E., and Tiberghien, A. Children's Ideas in Science, Open University Press, Milton Keynes.
- Nussbaum, J. ve Novick, S., 1982a. Alternative Frameworks, Conceptual Conflict and Accommodation: Toward A Principled Teaching Strategy, Instructional Science, 11, 183-200.
- Nussbaum, J. ve Novick, S., 1982b. A Study of Conceptual Change in The Classroom, Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Geneva, Chicago.
- Ocak, S.Y., 2000. Effectiveness of Conceptual Change Instruction on Overcoming Students' Misconceptions of Mechanical Energy at 10th Grade Level, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, ODTÜ, Ankara.
- Odabaşı, F., 1998. Bilgisayar Destekli Eğitim: Çağdaş Eğitimde Yeni Teknolojiler. Açıköğretim Fakültesi Yayınları, Eskişehir.
- Olmsted III, J. ve Williams, G.M., 1994. Chemistry: The Molecular Science, Mosby-Year Book Inc., St.Lois-Missouri.
- Osborne, R. J. ve Cosgrove, M. M., 1983. Children's Conceptions of the Changes of State of Water, Journal of Research in Science Teaching, 20, 25-838.
- Osborne, R.J. ve Freyberg, P., 1996. Learning in Science: The Implication of Children's Science, Heineman Education, Auckland, New Zeland.
- Osborne, R.J. ve Wittrock, M.C., 1983. Learning Science: A Generative Process, Science Education, 67, 4, 489-508.
- Ölmez, O., Geban, Ö. ve Ertepinar, H., 2001. Dördüncü Sınıf Öğrencilerinin Dünya ve Gökyüzü Konularındaki Kavramları Anlamalarında Kavramsal Değişim Yaklaşımının Etkisi, Yeni Bin Yılın Başında Türkiye'de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Özbek, R. 2005. Eğitim Programlarının Bireyselleştirilmesinin Sebepleri, Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi , 3, 11, 66-83.
- Özçelik, A. D., 1989. Test Hazırlama Kılavuzu, ÖSYM Eğitim Yayınları, Ankara.

- Özdemir, A., 1998. A Study of High-School Students' Understanding of Chemical Equilibrium, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özdemir, A., ve Geban, Ö., 1998. Kavramsal Değişim Yaklaşımı ve Kimyasal Denge, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi, Trabzon.
- Özdener, N. ve Erdoğan, B., 2001a. Deneysel Verileri Değerlendirme İmkânı Taniyan ve Dönüt Verebilen Sanal Laboratuvarların Geliştirilmesi, Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 14, 107-120.
- Özdener, N. ve Erdoğan, B., 2001b. Bilgisayar Destekli Eğitimde Kullanım Amaçlı Bir Simülasyonun Tasarlanması ve Geliştirilmesi. Yeni Bin Yılın Başında Türkiye'de Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Özkan, Ö., Tekkaya, C. ve Geban, Ö., 2004. Facilitating Conceptual Change in Students' Understanding of Ecological Concepts, Journal of Science Education and Technology, 13, 1, 95-105.
- Özmen, H., 2002. Kimyasal Reaksiyonlar Ünitesindeki Kavramların Öğretimine Yönelik Rehber Materyal Geliştirilmesi ve Uygulanması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özmen, H., 2004. Fen Öğretiminde Öğrenme Teorileri ve Teknoloji Destekli Yapılandırmacı (Constructivist) Öğrenme, The Turkish Online Journal of Educational Technology, 3, 1.
- Özmen, H. ve Ayas, A., 2003. Students' Difficulties in Understanding of the Conservation of Matter in Open and Closed-System Chemical Reactions, Chemistry Education: Research and Practice, 4, 3, 279-290.
- Özmen, H., Ayas, A., Coştu, B., 2002. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Maddenin Tanecikli Yapısı Hakkındaki Anlama Seviyelerinin ve Yanılgılarının Belirlenmesi, Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri, 2, 2, 507-529.
- Özmen, H., Demircioğlu, G., 2003. Asitler ve Bazlar Konusundaki Öğrenci Yanlış Anlamalarının Giderilmesinde Kavram Değişim Metinlerinin Etkisi, Milli Eğitim Dergisi, 159, 111-119.
- Özmen, H. ve Kolomuç, A., 2004. Bilgisayarlı Öğretimin Çözeltiler Konusundaki Öğrenci Başarısına Etkisi, Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi, 12, 1, 57-68.
- Öztaş, H. ve Öztaş, F., 1998. Farklı Seviyelerdeki Öğrencilerin Bazı Temel Biyolojik Terimleri Kavrayabilme Yetenekleri İle İlgili Bir Araştırma, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, KTÜ Fatih Eğitim Fakültesi, Trabzon.
- Palmer, D. H., 1998. Measuring Contextual Error in the Diagnosis of Alternative Conceptions in Science, Issues in Educational Research, 8, 1, 65-76.

- Palmer, D. H., 2001. Students' Alternative Conceptions and Scientifically Acceptable Conceptions about Gravity, International Journal of Science Education, 23, 7, 691-706.
- Palmer, D. H., 2003. Investigating The Relationship Between Refutational Text and Conceptual Change, Science Education, 87, 5, 663-684.
- Peterson, R.F. ve Treagust, D.F., 1989. Grade-12 Students' Misconceptions of Covalent Bonding and Structure, Journal of Chemical Education, 66, 6, 459-460.
- Peterson, R. F., Treagust, D. F. ve Garnett, P. J., 1989. Development and Application of A Diagnostic Instrument to Evaluate Grade-11 and -12 Students' Concepts of Covalent Bonding and Structure Following a Course of Instruction, Journal of Research in Science Teaching, 26, 4, 301-314.
- Petrucci, R.H. ve Harwood, W.S., 1993. General Chemistry: Principles and Modern Applications, Sixth Edition, Macmillan Publishing Company, New York.
- Pınarbaşı, T. ve Canpolat, N., 2002. Fen Eğitiminde Kavramsal Değişim Yaklaşımı-II: Kavram Değiştirme Metinleri, Kastamonu Eğitim Dergisi, 10, 2, 281-286.
- Pınarbaşı, T. ve Canpolat, N., 2003. Kimyasal Denge ve Çözünürlük Konularındaki Kavram Yanılgıları, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15, 1, 55-62.
- Pines, A. ve West, L., 1986. Conceptual Understanding and Science Learning: An Interpretation of Research within Sources of Knowledge Framework. Science Education, 70, 5, 583-604.
- Pode, J.S.F., 1966. CBA and CHEMS: An Appreciation, Journal of Chemical Education, 43, 98-103.
- Posner, G.J., Strike, K.A. ve Hewson, P.W., 1982. Accomodation of a Scientific Conception: Toward of Conceptual Change, Science Education, 66, 2, 211-227.
- Powell, J. V., Aeby, V. G. J. ve Carpenter-Aeby, T., 2003. A Comparison of Student Outcomes with and without Teacher Facilitated Computer-Based Instruction, Computers and Education, 40, 2, 183-191.
- Quilez, J. ve Solaz, J.J., 1995. Students' and Teachers' Misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for The Teaching of Chemical Equilibrium. Journal of Research in Science Teaching, 32, 9, 939-957.
- Raviolo, A., 2001. Assessing Students' Conceptual Understanding of Solubility Equilibrium, Journal of Chemical Education, 78, 5, 629-631.
- Regis, A., Albertazzi, P.G. ve Roletto, E., 1996. Concept Maps in Chemistry Education, Journal of Chemical Education, 73, 11, 1084-1088.
- Renström, L., Andersson, B. ve Marton, F., 1990. Students' Conceptions of Matter, Journal of Educational Psychology, 82, 3, 555-569.

- Richards, J., Barowy, W. ve Levin, D., 1992. Computer Simulations in the Science Classroom, Journal of Science Education and Technology, 1, 1, 67-80.
- Robinson, W. R., 1998. An Alternative Framework for Chemical Bonding, Journal of Chemical Education, 75, 9, 1074-1075.
- Rodrigues, S., 1997. Fitness for Purpose: a Glimpse at When, Why and How to Use Information Technology in Science Lessons. Australian Science Teachers Journal, 43, 2, 38-39.
- Ronen, M. ve Eliahu, M., 2000. Simulation - a Bridge Between Theory and Reality: The Case of Electric Circuits, Journal of Computer Assisted Learning, 16, 1, 14-26.
- Rowell, J. A. ve Dawson, C. J., 1985. Equilibration Conflict and Instruction: A new Class-Oriented Perspective, European Journal of Science Education, 4, 4, 331-344.
- Russell, J. W., Kozma, R. B., Jones, T., Wykoff, J., Marx, N. ve Davis, J., 1997. Use of Simultaneous-Synchronized Macroscopic, Microscopic, and Symbolic Representations to Enhance The Teaching and Learning of Chemical Concepts, Journal of Chemical Education, 74, 330-334.
- Saka, A., 2007. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Genetik Konusundaki Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde 5E Modelinin Etkisi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Saka, A. ve Akdeniz, A.R., 2006. Genetik Konusunda Bilgisayar Destekli Materyal Geliştirilmesi ve 5E Modeline Göre Uygulanması, The Turkish Online Journal of Educational Technology, 5, 1.
- Saka, A. ve Yılmaz, M. 2005. Bilgisayar Destekli Fizik Öğretiminde Çalışma Yapraklarına Dayalı Materyal Geliştirme ve Uygulama, Turkish Online Journal of Educational Technology, 4, 3.
- Samur, R., 1989. Bilgisayar Destekli Eğitim ve Uygulama, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sanger, M.J. ve Greenbowe, T.J., 2000. Addressing Student Misconceptions Concerning Electron Flow in Electrolyte Solutions with Instruction Including Computer Animations and Conceptual Change Strategies, International Journal of Science Education, 22, 521-537.
- Schmidt, H.J., 1997. Students' Misconceptions-Looking for a Pattern, Science Education, 81, 123-135.
- Schnotz, W., 1993. Adaptive Construction of Mental Representations in Understanding Expository Texts. Contemporary Educational Psychology, 18, 114-120.
- Schoon, J.K. ve Boone, J.W., 1998. Self-Efficacy and Alternative Conceptions of Science of Preservice Elementary Teachers, Science Education, 82, 553-568.

- Scott, P., Asoko, H. ve Driver, R., 1991. Teaching For Conceptual Change: A Review of Strategies, In Duit, R., Goldberg, F., Niedderer, H. (Eds.) Research in Physics Learning: Theoretical issues and empirical studies, University of Kiel, Germany.
- Sezgin, E. ve Köymen, Ü., 2002. İkili Kodlama Kuramına Dayalı Olarak Hazırlanan Multimedya Ders Yazılımının Fen Bilgisi Öğretiminde Akademik Başarıya Etkisi, Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 4, 137-145.
- Shaffer, P. S. ve McDermott, L.C., 1992. Research as a Guide for Curriculum Development: An Example from Introductory Electricity Part II: Design of Instructional Strategies. American Journal of Physics, 60, 11, 1003-1013.
- Shneiderman, B., 1997. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, Addison-Wesley Publishing Company, USA.
- Smith, K.J. ve Metz, P.A., 1996. Evaluating Student Understanding of Solution Chemistry Through Microscopic Representation, Journal of Chemical Education, 73, 3, 233-235.
- Sökmen, N., Bayram, H., Gürdal A., 2002. 8. ve 9. Sınıf Öğrencilerinin Fen Eğitiminde Yaşadığı Kavram Kargaşası, Milli Eğitim Dergisi, 146, 74-77.
- Spilich, G. J., Vesonder, G. T., Chiesi, H. L. ve Voss, J. F., 1979. Text Processing of Domain-Related Information for Individuals with High and Low Domain Knowledge. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 18, 275-290.
- Stake, R., 1995. The Art of Case Research. Sage Publications, California.
- Staver, R.J. ve Lumpe, A.T., 1995. Two Investigations of Students' Understanding of The Mole Concept and Its Use in Problem Solving, Journal of Research in Science Teaching, 32, 2, 177-193.
- Stavy, R., 1990. Pupils' Problems in Understanding Conservation of Matter, International Journal of Science Education, 12, 5, 501-512.
- Stavy, R., 1991. Using Analogy to Overcome About Conservation of Matter, Journal of Research in Science Teaching, 28, 4, 305-313.
- Stavy, R. ve Berkovitz, B., 1980. Cognitive Conflict As A Basis For Teaching Quantitative Aspects of The Concept of Temperature, Science Education, 64, 679-692.
- Stinner, A., 1995. Science textbooks: Their Present Role and Future form. In S. M. Glynn and R. Duit (eds.), Learning Science in the Schools, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Stokes, S.P., 2001. Satisfaction of College Students with The Digital Learning Environment. Do Learners' Temperaments Make a Difference?, The Internet and Higher Education, 4, 1, 31-44.

- Strike, K. A. ve Posner, G. J., 1976. Epistemological Perspectives on Conceptions of Curriculums Organization and Learning, Review of Research in Education, 4, 106-141.
- Strike, K.A. ve Posner, G.J., 1992. A Revisionist Theory of Conceptual Change. In Duschl, R.A. and Hamilton, R. (Eds.) *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*, State University of New York Press, Albany, NY.
- Sungur, S., Tekkaya, C., ve Geban, Ö., 2001. The Contribution of Conceptual Change Texts Accompanied By Concept Mapping To Students' Understanding of The Human Circulatory System, School Science and Mathematics, 101, 2, 91-101.
- Şahin, T. Y. ve Yıldırım, S., 1999. Öğretim Teknolojileri ve Materyal Geliştirme. Anı Yayıncılık, Ankara.
- Taber, K. S., 1994. Misunderstanding the Ionic Bond. Education in Chemistry, 31, 4, 100-103.
- Taber, K.S., 1997a. Understanding Chemical Bonding-The Development of A Level Students' Understanding of the Concept of Chemical Bonding. Ph.D. thesis, University of Surrey.
- Taber, K. S., 1997b. 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, 597-608.
- Taber, K.S., 2001. The Mismatch Between Assumed Prior Knowledge and The Learner's Conceptions: A Typology of Learning Impediments, Educational Studies, 27, 2, 159-171.
- Tamir, P., 1971. An Alternative Approach to The Construction of Multiple-Choice Test Items. Journal of Biological Education, 5, 305-307.
- Tamir, P., 1989. Some Issues Related to The Use of Justifications to Multiple-Choice Answers. Journal of Biological Education, 23, 4, 285-292.
- Tan, K.D. ve Treagust, D.F., 1999. Evaluating Students' Understanding of Chemical Bonding, School Science Review, 81, 294, 75-84.
- Teichert, M. A. ve Stacy, A. M., 2002. Promoting Understanding of Chemical Bonding and Spontaneity Through Student Explanation and Integration of Ideas, Journal of Research in Science Teaching, 39, 6, 464-496.
- Tekin, H., 1996. Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme, Yargı Yayınları, Ankara.
- Tekin, S., Kolomuç, A. ve Ayas, A., 2004. Kavramsal Değişim Metinlerini Kullanarak Çözünürlük Kavramını Daha Etkili Öğretebilir Miyim?, Türk Fen Eğitimi Dergisi, 1, 2, 85-102.

- Tekkaya, C., 2002. Misconceptions as Barrier to Understanding Biology, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23, 259-266.
- Tekkaya, C., Çapa, Y. ve Yılmaz, Ö., 2000. Biyoloji Öğretmen Adaylarının Genel Biyoloji Konularındaki Kavram Yanılgıları, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 18, 140-147.
- Tjaden, B. J. ve Martin, C. D., 1995. Learning Effects of Computer-Assisted Instruction on Collage Students, Computer Education, 24, 4, 221-277.
- Toka, Y., ve Aşkar, P., 2002. The Effect of Cognitive Conflict and Conceptual Change Text on Students' Achievement Related to First Degree Equations With One Unknown, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23, 211-217.
- Treagust, D. F., 1988. Development and Use of Diagnostic Tests to Evaluate Students' Misconceptions in Science, International Journal of Science Education, 10, 2, 159-169.
- Tsai, C.C., 1999. Overcoming Junior High School Students' Misconceptions About Microscopic Views of Phase Change: A Study of an Anology Activity, Journal of Science Education and Technology, 8, 1, 83-91.
- Tynjala, P., 1999. Towards Expert Knowledge? A Comparison between a Constructivist and a Traditional Learning Environment in the University, International Journal of Educational Research, 31, 5, 357-442.
- Tytler, R., 2002. Teaching For Understanding in Science: Constructivist/Conceptual Change Teaching Approaches, Australian Science Teachers' Journal, 48, 4, 30-35.
- Uşun, S., 2000. Dünyada ve Türkiye'de Bilgisayar Destekli Öğretim, PegemA Yayıncılık, Ankara.
- Uşun, S., 2004. Bilgisayar Destekli Öğretimin Temelleri, Nobel Yayınları, Ankara.
- Uzuntiryaki, E., Geban, Ö., 1998. İlköğretim 8. Sınıf Çözelti Konusunun Öğretiminde Kavramsal Değişim Metinleri ve Kavram Haritalarının Kullanılması, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Trabzon.
- Uzuntiryaki, E., Çakır, Ö.S. ve Geban, Ö., 2001. Kavram Haritaları ve Kavramsal Değişim Metinlerinin Öğrencilerin Asit Bazlar Konusundaki Kavram Yanılgılarının Giderilmesine Etkisi, Yeni Binyılın Başında Fen Bilgisi Eğitimi Sempozyumu, Eylül, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.
- Ünal, S., 1993. Fen Bilgisi Öğretiminde İlkokul Öğretmenlerinin Yeterliliği, Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 5, 157-167.
- Ünal, S., 2003. Lise 1 ve 3 Öğrencilerinin Kimyasal Bağlar Konusundaki Kavramları Anlama Seviyelerinin Karşılaştırılması, Yayınlanmamış Yüksekisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Ünal, S., Çalık, M., Ayas, A., Coll, R.K., 2006. A review of chemical bonding studies: Needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims, and students' alternative conceptions. Research in Science & Technological Education, 24, 2, 141-172
- Ünal, S., Coştu, B. ve Karataş, F.Ö., 2004. Türkiye'de Fen Bilimleri Alanındaki Program Geliştirme Çalışmalarına Genel Bakış, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24, 2, 183-202.
- Ünal, S., Özmen, H., Demircioğlu, G. ve Ayas, A., 2002. Lise Öğrencilerinin Kimyasal Bağlarla İlgili Anlama Düzeylerinin ve Yanılgılarının Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma, ODTÜ Eğitim Fakültesi V. Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Ankara.
- Ünlü, S., 2000. The Effect of Conceptual Change Text in Students' Achievement of Atom, Molecule, Matter Concepts, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Van Orden, N., 1990. Is Writing an Effective Way to Learn Chemical Concepts?, Journal of Chemical Education, 67, 7, 583
- Varış, F., 1996. Eğitimde Program Geliştirme, Alkım Yayıncılık, Ankara.
- Vermaat, J.H., Kramers-Pals, H. ve Schank, P., 2003. The Use of Animations in Chemical Education. Paper presented at the International Convention of the Association for Educational Communications and Technology, October 22-26, 2003, Anaheim, CA, USA.
- Varol, A., 1996. Bilgisayar Destekli Öğretim, Milli Eğitim Vakfı Dergisi, 35, 24-26.
- Vosniadou, S., 1994. Capturing and Modeling The Process of Conceptual Change, Learning and Instruction, 4, 45-69.
- Wang, T. ve Andre, T., 1991. Conceptual Change Text Versus Traditional Text and Application Questions Versus No Questions in Learning About Electricity, Contemporary Educational Psychology, 16, 2, 103 - 116.
- Watson, B. ve Konicek, R., 1990. Teaching for Conceptual Change: Confronting Children's Experience. Phi Delta Kappan, 71, 9, 680-685.
- Weiss, R.E., Knowlton, D.S. ve Morrison, G.R., 2002. Principles for Using Animation in Computer-based Instruction: Theoretical Heuristics for Effective Design, Computers in Human Behavior, 18, 465-477.
- Westbrook, S.L. ve Marek, A.E., 1991. A Cross-Age Study of Understanding of The Concept Diffusion, Journal of Research in Science Teaching, 28, 8, 649-660.
- White, R.T., 1988. Learning Science. Basil Blackwell Ltd. Oxford, UK.
- White, R.T. ve Gunstone, R.F, 1992. Probing Understanding, The Falmer Press, London.

- Wilbraham, A.C., Staley, D.D., Simpson, C.J. ve Matta, M.S., 1993. Addison Wesley Chemistry, Addison Wesley Publishing Company, USA.
- Woloshyn, V. E., Paivio, A. ve Pressley, M., 1994. Use of Elaborate Interrogation to Help Students Acquire Information Consistent with Prior Knowledge and Information Inconsistent with Prior Knowledge. Journal of Educational Psychology, 86, 79-89.
- Yager, R., 1991. The Constructivist Learning Model Towards Real Form in Science Education, The Science Teacher, 58, 6, 52-57.
- Yalçınalp, S., Geban, Ö. ve Özkan, Ö., 1995. Effectiveness of Using Computer-Assisted Supplementary Instruction for Teaching The Mole Concept, Journal of Research in Science Teaching, 32, 1083-1095.
- Yalın, H. İ., 2002. Öğretim Teknolojileri ve Materyal Geliştirme, Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Yenice, N., 2003. Bilgisayar Destekli Fen Bilgisi Öğretiminin Öğrencilerin Fen ve Bilgisayar Tutumlarına Etkisi, The Turkish Online Journal of Educational Technology, 2, 4.
- Yenitepe, R., 2002. Bilgisayar Destekli Pnömatik ve Elektropnömatik Eğitimi, Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 4, 323-330.
- Yeşim, S. O., 2000. Effectiveness of Conceptual Change Instruction on Overcoming Students' Misconceptions of Mechanical Energy at 10th Grade, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yetkin, C., Gülbay, I. ve Çetin, S., 2003. Lise 1 Kimya Ders Kitabı, Milli Eğitim Yayınları, Ankara.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H., 2000. Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, 2. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Yılmaz, A. ve Morgil, İ., 2001. Üniversite Öğrencilerinin Kimyasal Bağlar Konusundaki Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 20, 172-178.
- Yılmaz, M. ve Saka, A.Z., 2004. Bilgisayar Destekli Fizik Öğretiminde Çalışma Yapraklarına Dayalı Materyal Geliştirme ve Uygulama, IV. Uluslararası Eğitim Teknolojileri Sempozyumu, Sakarya.
- Yılmaz, Ö., Tekkaya, C., Geban, Ö., ve Özden, Y., 1999. Lise-1. Sınıf Öğrencilerinin Hücre Bölünmesi Ünitesindeki Kavram Yanılgılarının Tespiti ve Gidrilmesi, III. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, KTÜ, Trabzon.
- Yin, R.K., 1994. Case Study Research Design and Methods, Sage Publications, California.
- Yiğit, N. ve Akdeniz, A.R., 2003. Fizik Öğretiminde Bilgisayar Destekli Etkinliklerin Öğrenci Kazanımları Üzerine Etkisi: Elektrik Devreleri Örneği, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23, 3, 99-113.

- Yürük, N., 2000. Effectiveness of Conceptual Change Text Oriented Instruction on Understanding Electrochemical Cell Concepts, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yürük, N. ve Geban, Ö., 2001. Conceptual Change Text: A Supplementary Material to Facilitate Conceptual Change in Electrochemical Cell Concepts, Paper presented at The Annual Meeting of The National Association For Research in Science Teaching, St. Louis, MO.
- Zoller, U., 1990. Students' Misunderstandings and Misconceptions in College Freshman Chemistry (General and Organic), Journal of Research in Science Teaching, 27, 10, 1053-1065.

Ek 1. Araştırmada Kullanılan Test

Sevgili Öğrenciler,

Aşağda size verilen sorular Kimyasal Bağlar konusuyla ilgili bilgilerinizi ölçmek amacıyla hazırlanmıştır. Vereceğiniz cevaplar sadece bir araştırmada kullanılacak olup, size not vermek amacıyla kullanılmayacaktır. Ayrıca sonuçlar araştırmacı tarafından gizli tutulacaktır.

Soru 1. Bir kimyasal bağda en aktif rolü aşağıdaki parçacıklardan hangisi oynar?

- Her iki atomun nötronları
- Her iki atomun tüm elektronları
- Her iki atomun son kabuk elektronlar
- Her iki atomun protonları

Soru 2. İyonik yapılarda atomlar arasında çok güçlü çekim kuvvetleri bulunduğundan, iyonik bileşikler oda sıcaklığında genellikle _____.

- katıdırlar
- sıvıdırlar
- gazdırlar
- birbirine kovalent bağlıdırlar

Soru 3. Bir kovalent bağdaki elektronlar için aşağıdakilerden hangisi **doğrudur**?

- Elektronlar bağ oluşumu sırasında kaybolmuşlardır
- Elektronlar bir atomdan diğerine geçmişlerdir
- Elektronlar iki atom arasında bölünmuşlerdir
- Elektronlar iki atom tarafından ortak kullanılmışlardır

Soru 4: Bir iyonik bağdaki elektronlar için aşağıdakilerden hangisi **doğrudur**?

- Elektronlar atomlar tarafından ortak kullanılmışlardır.
- Elektronlar bir atomdan diğerine geçmişlerdir.
- Elektronlar bağ oluşumu sırasında kaybolmuşlardır
- Elektronlar iki atom arasında bölünmuşlerdir

Soru 5. Kovalent bağ, periyodik tablodaki hangi elementler arasında oluşur?

- Metal atomları arasında
- Metaller ile ametaller arasında
- Ametal atomları arasında
- Soy gazlar ile ametaller arasında

Soru 6: İyonik bağ, periyodik tablodaki hangi elementler arasında oluşur?

- Soy gazlar ile ametaller arasında
- Metaller ile ametaller arasında
- Metaller arasında
- Ametaller arasında

Soru 7: Bir **polar kovalent bağdaki** elektronlar için aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- Bağ elektronları her iki atoma eşit uzaktadır
- Elektronlar bağ oluşumu sırasında kaybolurlar
- Bağ elektronları iki atomdan birine daha yakındır
- Elektronlar bir atomdan diğerine verilir

Soru 8: Su molekülündeki atomlar arasında hangi tür bağ oluşur?

- Apolar kovalent bağ
- İyonik bağ
- Hidrojen bağı
- Polar kovalent bağ

Soru 9. Bir atomun kimyasal olarak en kararlı olabilmesi için en dış enerji kabuğunda kaç elektrona sahip olması gerekir?

- 2
- 4
- 6
- 8

Ek 1' in devamı

Soru 10: Atomlardan biri elektron verdiği, diğeri ise aldığı zaman iki atom arasında oluşan bağ aşağıdakilerden hangisidir?

- İyonik bağ
- Kovalent bağ
- Hidrojen bağı
- Metalik bağ

Soru 11: Kimyasal bağlar; atomlardan birinin elektron verip diğerin alması durumunda ya da elektronlar bağ yapan atomlar arasında _____ oluşur.

- bölmüklerinde
- ortak kullanıldıklarında
- birbirleriyle bütünleştiklerinde
- kaybolduklarında

Soru 12: ${}_8X$, ${}_{19}Y$, ${}_{10}Z$, ${}_{12}E$, ${}_{15}G$

Yukarıda bazı elementlerin atom numaraları verilmiştir. buna göre aşağıdakilerden hangisi **yanlıştır**?

- Z tabiatta tek atomlu halde bulunur
- XY_2 moleküllerinde iki tane kovalent bağ vardır
- EY_2 bileşiminin sudaki çözeltisi elektrik akımını iyi iletir
- GY_3 bileşiminde molekülleri uzayda düzlem üçgen biçiminde yönelmişlerdir

Soru 13: I. Moleküller arası bağlardan biri olan hidrojen bağları Van der Waals bağlarından daha güçlüdür
II. Polar moleküller arasındaki kuvvetler apolar moleküller arasındaki kuvvetlerden daha güçlüdür
III. Herhangi bir maddeyi buharlaştırmak için gerekli enerji moleküller arası kuvvetleri koparmada kullanılır

Bu bilgilere göre H_2O , HF , HCl , HI , CH_4 moleküllerinden kaynama noktası en yüksek ve en küçük olanlar hangileridir?

- H_2O , CH_4
- H_2O , HF
- HI , HF
- HI , CH_4

Soru 14: HF (Hidrojen Florür) molekülü için aşağıda verilen bilgilerin hangisi **doğrudur**? (H : 1, F : 9)

- Bağlanmaya katılmayan elektronlar bağ yapan yada paylaşılan elektronların pozisyonlarını etkiler
- Hidrojen ve flor bir kovalent bağ oluşturdukları için elektron çifti merkezde yerleşir
- Flor hidrojen atomundan daha elektronegatif olduğundan bağ elektronlarını kendine doğru çeker
- Flor hidrojen atomundan hacimce daha büyük olduğundan bağ elektronları üzerinde daha güçlü bir etkiye sahiptir

Soru 15: Aşağıdakilerden hangisi Oktet kuralını tam olarak ifade eder ?

- Oktet kuralı; atomların elektronlarını başka atomlar ile paylaşarak kovalent bağlar oluşturduklarını ve bu şekilde son elektron kabuklarını sekize tamamladıklarını ifade eder
- Oktet kuralı; bir atomun yapabileceği bağ sayısının en dış kabuğundaki elektronların sayısı ile eşit olması gerektiğini ifade eder
- Oktet kuralı; bir molekülün şeklinin yalnızca bağ yapan elektron çiftlerinin sayısına bağlı olduğunu ifade eder
- Oktet kuralı; bir molekülün şeklinin yalnızca bağ yapmayan elektron çiftlerinin sayısına bağlı olduğunu ifade eder

Soru 16: Moleküller arası kuvvetlerle ilgili olarak aşağıda verilen ifadelerden hangisi **doğrudur**?

- Moleküller arası kuvvetler moleküllerin içerisindeki kuvvetlerdir
- Bir madde hal değiştirirken moleküller içerisindeki kovalent bağlar kırılır
- Bir maddenin molekülleri arasındaki kuvvetler ne kadar güçlü ise kaynama noktası o kadar yüksek olur
- Bir su molekülünde hidrojen ve oksijen atomlarını bir arada tutan çekim kuvveti; hidrojen bağıdır.

Soru 17: Su molekülleri için aşağıdakilerden hangisi **doğrudur**?

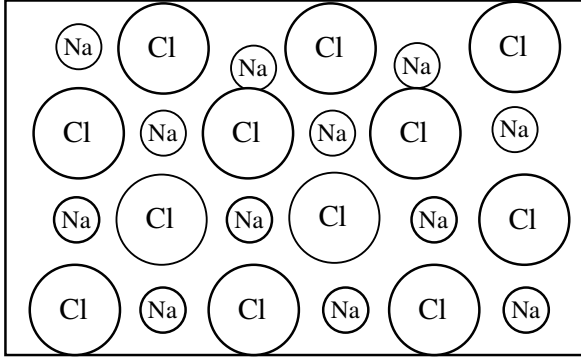
- Su molekülleri uzayda açılacak şekilde yönelirler
- Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı sıcaklıkla değişir
- Su molekülleri uzayda doğrusal şekilde yönelirler
- Su moleküllerinin üç boyutlu yapısı içerisinde buldukları kabın şekline göre değişir

Soru 18: Metalik bağların oluşumu için aşağıdakilerden hangisi **doğrudur**?

- Metal atomları arasındaki elektron alış veriş sayesinde oluşur
- Metal atomları arasındaki elektron ortaklaşması sayesinde oluşur
- Metal atomlarının çekirdeklerinin birbirlerinin oynak değerlik elektronlarını çekmeleriyle oluşur
- Metal atomları arasındaki van der Waals çekim kuvvetleriyle oluşur.

Ek 1' in devamı

Soru 19: Aşağıdaki diyagram iyonik bağlı bir madde olan NaCl de atomların dizilişini iki boyutlu olarak göstermektedir. Buna göre verilen bilgilerden hangileri **doğrudur**?



1. Diyagramda tam 12 sodyum klorür molekülü , başka bir deyişle tam 12 iyonik bağ vardır.
 2. Diyagramda bir klor iyonu yalnızca bir sodyum iyonu tarafından bir (iyonik) bağla çekilir, diğer sodyum iyonları tarafından yapılan çekimler ise sadece moleküller arası kuvvetlerdir.
 3. Diyagramda her bir sodyum iyonu birden fazla klor iyonuna iyonik bağla bağlı olduğu gibi benzer şekilde her bir klor iyonu da birden fazla sodyum iyonuna iyonik bağla bağlıdır.
 4. Sodyum ve klor iyonları arasında bir bağ oluşmasının nedeni zıt yüklü olmalarıdır.
 5. Bir iyonik bağın yerini hangi klor iyonunun hangi sodyum atomundan elektron aldığı bilmediğimiz sürece belirlemek imkansızdır.
- a. 1 ve 2 b. 2 ve 5 c. 4 ve 5 d. 3 ve 4

Soru 20. Dipol-Dipol kuvvetleri için aşağıda verilen bilgilerden hangisi yada hangileri **doğrudur**?

- a. Molekülleri arasında dipol-dipol kuvvetleri olan bileşikler, molekülleri arasında Van der Waals kuvvetleri olan bileşiklerden daha düşük sıcaklıklarda kaynarlar
- b. He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soygaz atomlarının bir anlık simetrilerinin bozulması durumunda oluşan kuvvetlerdir
- c. Dipol-Dipol etkileşimi Van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır.
- d. Atomları arasında kovalent bağ bulunan HCl, HF, NH₃ gibi kutuplu yapıya sahip moleküller arasındaki oluşan elektriksel çekim kuvvetleridir

Soru 21: Aşağıdaki bağları kuvvetlerine göre **büyükten küçüğe** sıralayınız.

- | | | |
|----------------------------|----------------|----------------|
| I. Kovalent bağ | | |
| II. İyonik bağ | a. IV,II,I,III | b. I,II,IV,III |
| III. Van der Waals bağları | | |
| IV. Hidrojen bağları | c. II,I,IV,III | d. II,I,III,IV |

Soru 22: Van der Waals kuvvetleri için aşağıda verilen bilgilerden hangisi yada hangileri **doğrudur**?

- a) Van der Waals kuvvetleri; H₂, O₂, Cl₂ gibi kutupsuz (apolar) moleküllerde atomlar arasında oluşur
- b) CH₄ moleküllerini bir arada tutan kuvvetler; Van der Waals kuvvetleridir.
- c) Van der Waals kuvvetleri yalnızca He, Ar, Ne gibi soygaz atomları arasında bulunur.
- d) Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğü molekülün büyüklüğüne bağlı ancak molekülün şekline bağlı değildir

Soru 23: $_{12}X$, $_{16}Y$, $_{17}Z$ atomlarının aralarında oluşturdukları bileşik formülleri ve bileşikteki bağların türü için hangisi **doğrudur**?

- | Bileşik formülü | Bağ türü |
|--------------------|---------------------|
| a) XY | Apolar kovalent bağ |
| b) XZ ₂ | İyonik bağ |
| c) Z ₂ | Metalik bağ |
| d) YZ ₂ | İyonik bağ |

Soru 24: Elmas elektriği iletmediği halde grafit elektriği iletir. bunun sebebi aşağıdakilerden hangisi olabilir?

- a) Grafitte karbon atomları birbirine sıkı bağlanmadığından atomlardan bazıları bağ yapmazlar ve molekül içerisinde serbest hareket ederler. Bağ yapmayan ve hareketli olan bu atomlar elektrik iletkenliğini sağlar
- b) Grafit elektriği iletir. Çünkü grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bunlar elektriği iletirler
- c) Grafitte bir karbon atomunun değerlik elektronlarının yalnızca dörtte üçü bağlanmaya dahil olurken elmasta bir karbon atomunun tüm elektronları bağ yapar
- d) Grafit elektriği iletir çünkü birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakalarına sahiptir

Ek 2. Öğretmenlerle Olası Nedenleri Hakkında Mülakat Yapılan Yanılgılar

Kimyasal Bağ Oluşumu İle İlgili Genel Yanılgılar

- Öğrenciler atom ve molekül kavramını birbiriyle karıştırmakta ve açıklamalarında bu iki kavramı birbirinin yerine kullanmaktadır (Nicoll, 2001, Ünal, 2003).
- Öğrenciler atom, elektron, molekül vb. tanecikleri canlıymış gibi düşünmekte ve onları tanımlarken ve açıklarken canlılara has niteliklere sahipmiş gibi (istemek, kararlı olmak) ifadeler kullanmaktadırlar (Nicoll, 2001; Robinson, 1998; Ünal, 2003, Eshach ve Garik, 2001; Griffiths ve Preston, 1999; Coll ve Treagust, 2001a).
- Bağlanma esnasında elektronlar kaybolur (Ünal, 2003).
- Bağlanma esnasında elektronlar bölünür (Ünal, 2003; Boo, 1998; Eshach ve Garik, 2001).
- Elektronların birbiriyle bütünleşerek bağlanmayı gerçekleştirir veya elektronlar bağ yapmak için birbirlerini çekerler (Nicoll, 2001, Ünal, 2003).
- Normalde atomlar yüklü halde bulunurlar. Bağlanma (+) veya (-) yüklü atomların birbirini çekmesi sonucu oluşur. (Eshach ve Garik, 2001; Ünal, 2003, Nicoll, 2001).
- Kimyasal bağ; atomlar arasında elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması esnasında ortaya çıkan enerjidir. Bu enerji iki atomun bir arada durmasını sağlar (Ünal, 2003; Boo, 1998).
- Atom, molekül, bağ yapan elektronlar vb. hareketsizdir (Nicoll, 2001)
- Öğrenciler kimyasal bağı fiziksel bir nesne olarak düşünmektedir (Ünal, 2003; Boo, 1998)
- Kimyasal bağ oluşumu sırasında enerji gerekli iken, kimyasal bağın koparılması sırasında enerji açığa çıkar (Boo, 1998; Barker ve Millar, 2000; Hapkievicz, 1991).
- Hem bağ oluşumu hem de bağların kırılması için enerji gereklidir (Boo, 1998)
- Bağların kırılması hem endotermik hem de ekzotermiktir. Bağların kırılması için enerji gereklidir ama bağlar kırıldıktan sonra ise enerji açığa çıkar (Barker ve Millar, 2000).
- Atomlar oktet kuralına uymak (değerlik elektronlarını sekize tamamlamak) için bağ yaparlar (Eshach ve Garik, 2001; Robinson, 1998; Coll ve Taylor, 2002; Coll ve Treagust, 2003; Robinson, 1998).

İyonik Bağla İlgili Yanılgılar

- İyonik bileşikler oda sıcaklığında genellikle sıvı ya da gaz haldedir (Ünal, 2003)
- Öğrenciler iyonik ve kovalent bağı birbiriyle karıştırmaktadırlar (iyonik bağdaki elektronlar iki atom arasında paylaşılmıştır, iyonik bağ ametal atomları arasında gerçekleşir vb.) (Ünal, 2003; Ünal vd., 2002; Atasoy vd., 2003; Coll ve Treagust, 2001b; Nicoll, 2001; Tan ve Treagust, 1999; Taber, 1997b; Boo, 1998)
- İyonik bağ, metal atomları arasında gerçekleşir (Ünal, 2003)
- İyonik bağ sadece alkali metaller ile halojenler arasında gerçekleşir (Ünal, 2003)

Ek 2'nin Devamı

- İyonik bileşikler moleküler yapıdadır. Örneğin sodyum klorür, bir tane sodyum ve bir tane klor atomundan oluşan basit bir moleküldür (Ünal, 2003; Boo, 1998; Tan ve Treagust, 1999; Coll ve Treagust, 2001b; Taber, 1994; Taber, 1997; Butts ve Smith, 1987; Atasoy vd., 2003; Coll ve Taylor, 2002; Coll ve Treagust, 2003; Harrison ve Treagust, 1999; Robinson, 1998)
- İyonik bağ sadece elektron alışverişinin olduğu iki atom arasında gerçekleşir. Örneğin; sodyum klorürde, bir sodyum atomu bir klora atomuna iyonik bağla bağlıdır. Diğerleriyle arasında sadece bazı çekim kuvvetleri vardır (Ünal, 2003; Tan ve Treagust, 1999; Coll ve Treagust, 2001b; Taber, 1997; Atasoy vd., 2003; Robinson, 1998; Butts ve Smith, 1987).
- İyonik bağ, kovalent bağla kıyaslandığında gerçek bağ bile sayılmaz. Bağ olabilmesi için iki atom arasında elektron paylaşımı olması gerekir (Boo, 1998)
- İyonik bileşiklerde moleküller arasında kovalent bağ vardır (Butts ve Smith, 1987)

Kovalent Bağla İlgili Yanılgılar

- Öğrenciler iyonik ve kovalent bağı birbiriyle karıştırmaktadırlar (İyonik bağlanma sırasında elektronlar bir atomdan diğerine transfer edilir, iyonik bağ metaller ile ametaller arasında gerçekleşir) (Ünal, 2003; Ünal vd., 2002; Atasoy vd., 2003;
- Coll ve Treagust, 2001b; Nicoll, 2001; Tan ve Treagust, 1999; Taber, 1997b; Boo, 1998
- Kovalent bağlanma sırasında elektronlar iki atom arasında bölünürler (Ünal, 2003; Eshach ve Garik, 2001)
- Kovalent bağ, metal atomları arasında gerçekleşir (Ünal, 2003)
- Kovalent bağ, soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir (Ünal, 2003)
- Öğrenciler polar ve apolar kovalent bağı birbiri ile karıştırmaktadır (polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır ve apolar kovalent bağda elektronlar atomlardan birine daha yakındır) (Ünal, 2003; Nicoll, 2001)
- Bir kovalent bağda, bağ denilen şey bağ yapan elektronlardır (Robinson, 1998).
- Tüm kovalent bağlarda bağ elektronları her iki atoma da eşit uzaklıktadır. (Ünal, 2003; Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Birk ve Kurtz, 1999; Atasoy vd., 2003).
- Öğrenciler elektronegatiflik kavramını ve bağlanma ile ilişkisini tam anlayamamaktadırlar (Ünal, 2003; Nicoll, 2001, Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989).
- Bir bağın polarlığı, bağlanmaya dahil olan her bir atomun değerlik elektronlarının sayısına bağlıdır (Birk ve Kurtz, 1999; Peterson vd., 1989).
- Bir bağın polarlığı, bağ yapan atomların iyon yükü dikkate alınarak belirlenir (Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Birk ve Kurtz, 1999).
- Çapı büyük olan atom bağ elektronlarını kendine daha çok çeker (Birk ve Kurtz, 1999).
- Grafitte karbon atomlarından bazıları bağ yapmaz, grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bu delokalize karbon atomları elektriği iletir (Ünal, 2003; Tan ve Treagust, 1999)

Ek 2'nin Devamı

- Grafit birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakasına sahiptir ve birbiri üzerinde kayabilen bu tabakalar sayesinde elektriği iletir (Ünal, 2003; Tan ve Treagust, 1999)
- Kovalent bağ, bir elektronun iki atom arasında paylaşılmasıdır. Atomlardan biri elektron verir ve bu elektron iki atom arasında paylaşılır (Boo, 1998)
- Polar bağlara sahip bir molekül polardır (Birk ve Kurtz, 1999).
- Kovalent bağlı yapılar, en fazla iki yada üç atom içeren moleküllerden oluşur (Tan ve Treagust, 1999)
- Kovalent bağ hidrojen bağından daha zayıftır (Nicoll, 2001)
- Kovalent bağda bağ elektronları iki atom arasında hareketsiz dururlar (Nicoll, 2001)
- Sürekli örgü yapıları zayıf kovalent bağlarla bağlı moleküllerden oluşur (Tan ve Treagust, 1999; Peterson vd., 1989)

Metalik Bağla İlgili Yanılgılar

- Metalik bağ, metal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleşir (Ünal, 2003)
- Metalik bağ, metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşir (Ünal, 2003)
- Metaller moleküler yapıdadır (Coll ve Treagust, 2001a)
- Metalik bağ, kovalent bağla kıyaslandığında gerçek bağ bile sayılmaz. Bağ olabilmesi için iki atom arasında elektron paylaşımı olması gerekir. (Boo, 1998).

Moleküller Arası Kuvvetlerle İlgili Yanılgılar

Moleküller Arası Kuvvetlerle İlgili Genel Yanılgılar

- Moleküller arası kuvvetleri moleküllerin içindeki atomlar arasındaki bağlar olarak düşünme ve moleküller arası kuvvetleri atomlar arasındaki bağlar ile karıştırma (Ünal, 2003; Ünal vd., 2002; Nicoll, 2001; Barker ve Millar, 2000; Treagust, 1988; Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Tan ve Treagust, 1999; Taylor ve Lucas, 1997; De Posada, 1997; Taber, 1995b, Taber, 1998; Goh vd., 1993).
- Moleküller arasında herhangi bir etkileşim yoktur (Ünal, 2003; Taber, 1997).
- Bir maddenin erime ve kaynama noktası, o maddeyi oluşturan moleküllerin atomları arasındaki bağların kuvveti ile ilişkilidir (Ünal, 2003; Treagust, 1988; Tan ve Treagust, 1999).

Hidrojen Bağıyla İlgili Yanılgılar

- Hidrojen bağı, molekül içi bir bağıdır (Ünal, 2003; Ünal vd., 2002; Nicoll, 2001; Peterson vd., 1989; Peterson ve Treagust, 1989; Tan ve Treagust, 1999)
- Hidrojen bağı, kovalent bağın bir türüdür (Ünal, 2003).
- Hidrojen bağları en kuvvetli bağlardır (Ünal, 2003; Nicoll, 2001).
- Öğrenciler iyonik bağ ile hidrojen bağını birbiriyle karıştırmaktadır (Barker ve Millar, 2000).

Ek 2'nin Devamı

Van der Waals Kuvvetleriyle İlgili Yanılgılar

- Van der Waals Kuvvetleri, apolar moleküllerde atomlar arasında bulunur (Ünal, 2003)
- Van der Waals kuvvetleri yalnızca soy gaz atomları arasında bulunur (Ünal, 2003).
- Van der Waals bağlarının kuvveti, molekülün büyüklüğüne bağlı ancak molekülün şekline bağlı değildir (Ünal, 2003)

Dipol-Dipol Kuvvetleriyle İlgili Yanılgılar

- Dipol-dipol etkileşimini içeren moleküllerin erime ve kaynama noktaları genellikle düşüktür (Ünal, 2003).
- Dipol-dipol kuvvetleri He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soy gaz atomlarının bir anlık simetrilerinin bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etrafındaki atomları da etkilemesiyle oluşan moleküller arası zayıf çekim kuvvetleridir (Ünal, 2003).
- Dipol-dipol kuvvetleri van der Waals kuvvetlerinden daha zayıftır (Ünal, 2003).

Bağ Yapısı ve Molekül Şekilleri İle İlgili Yanılgılar

- Bir molekülde, merkez atomunun bağ yaptığı atom sayısı molekülün şeklini belirler. Örneğin merkez atoma bağlı iki atom varsa molekül doğrusal, üç atom bağlıysa molekül üçgen düzlem biçimindedir (Ünal, 2003; Atasoy vd., 2003).
- Bir molekülün şeklini sadece bağ yapan atomlar arasındaki itmeler belirler (Ünal vd., 2002; Atasoy vd., 2003; Furio ve Calatayud, 1996)
- Bir molekülün şeklini sadece bağ yapan elektron çiftleri arasındaki itmeler belirler (Peterson ve Treagust, 1989; Birk ve Kurtz, 1999; Peterson vd., 1989; Atasoy vd., 2003; Yılmaz ve Morgil, 2001)
- Bir molekülün şeklini sadece bağ yapmayan elektron çiftleri arasındaki itmeler belirler (Peterson vd., 1989; Birk ve Kurtz, 1999).
- Su molekülünün şekli doğrusaldır (Ünal, 2003; Griffiths ve Preston, 1999).
- Sıcaklıkla, basınçla ve hal değişimleri esnasında moleküllerin şekilleri veya bağ uzunlukları değişir (Griffiths ve Preston, 1999; Ünal vd., 2002, Ünal, 2003)

Molekül Polarlığı İle İlgili Yanılgılar

- Elektronegatifliği birbirine yakın atomların oluşturduğu moleküller apolar moleküllerdir (Peterson ve Treagust, 1989; Birk ve Kurtz, 1999; Peterson vd, 1989; Yılmaz ve Morgil, 2001)
- Polar bağları içeren bir molekül polardır (Birk ve Kurtz, 1999)
- Farklı tür atomları içeren moleküller polardır (Ünal vd., 2002)

Ek 3. BDÖ materyalinin sayfaları

Kimya

Atomları Birarada Tutan Kuvvetler
 Oktet Kuralı
 Kimyasal Bağ
 İyonik Bağ
 Elektron Nokta Gösterimleri
 Kovalent Bağ
 Metalik Bağ

Bağ ve Maddelerin Halleri
 Van der Waals Kuvvetleri
 Dipol-Dipol Etkileşimleri
 Hidrojen Bağı
 Bileşikler
 İyonik Yapılı Bileşikler
 Molekül Yapılı Bileşikler
 Periyodik Tablo

Ana Menü >>

Kimya

Atomlar Arasında Oluşan Bağlanmalar

Soygazlar ve soymetaller hariç elementlerin çoğu doğada başka atomlarla bağ yapmış halde (bileşikleri halinde) bulunurlar.

Periyodik Tablo

Küresel Simetri

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Kimya

Oktet Kuralı

Soygazların iyonlaşma enerjileri diğer atomlara oranla çok yüksektir. O halde bir atomun en dış enerji düzeyindeki orbitalleri dolu oluşturan atomlara bir kararlılık kazandırmaktadır. Bu nedenle atomlar en dış enerji düzeylerindeki elektronların sayısını sekize tamamlayacak kadar elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması yaparlar. Buna oktet kuralı denmektedir.

Oktet kuralına göre en dış enerji düzeyinde 7 elektron olan Flor (F) bir elektron olarak, en dış enerji düzeyinde 6 elektron olan Oksijen (O) iki elektron olarak, en dış enerji düzeyinde 5 elektron olan Azot (N) üç elektron alarak bağ yapmak isterler. Lityum (Li), Berilyum (Be) gibi atomlar ise elektron vererek bağ yaparlar. Bu şekilde elektron düzenleri helyumun elektron düzeniyle aynı olur. Hidrojen gibi düşük atom numarasına sahip atomların elektron düzenlerinin helyumun elektron düzenine benzemesine ise dublet kuralı denir.

Nasıl Gerçekleştiğini Gör

Nasıl Gerçekleştiğini Gör

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Kimya

Az önce de ifade edildiği gibi elektron ortaklaşması ya da elektron alışverişi sonucu atomlar arasında çekim kuvvetleri oluşmaktadır. Atomları bir arada tutan bu çekim kuvvetlerine kimyasal bağ denir.

Aralarında kimyasal bağlanmış bulunan yüksek atom gruplarına molekül denir.

Alıştıma Yap

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Kimya

Doğadaki herşey daha kararlı olmak, yani daha düşük enerjili olmak ister. Atomların bağ yapması, daha kararlı ve düşük enerjili hale geçme eğilimlerinin bir sonucudur. Bu açıdan bakıldığında, atomlar bileşiklerini oluştururken dışarıya enerji verirler. Yani atomların bağ yapması olayı ekzotermik bir olaydır.

$$H(g)+H(g)\rightarrow H_2(g)+7,22.10^{22} \text{ kJ}$$

Bağ oluşumunda açığa çıkan enerjiye bağ enerjisi denir. Bağ enerjisi ne kadar büyükse molekül o kadar kararlıdır.

Yanlış Fikirler

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Kimya

Kimyasal bağlanma sonucunda oluşan bileşikler ve moleküller, kendilerini meydana getiren atomların özelliklerinden farklı özelliklere sahiptirler. Bunun en belirgin örneği olan su, hidrojen gazı gibi yanıcı veya oksijen gazı gibi yakıcı değildir. Anca oda sıcaklığında hidrojen ve oksijen gaz halindeken, su sıvı halde bulunur.

Vanaları Aç

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Kimya

Kimyasal Bağları iki ana grupta toplayabiliriz.

1. İyonik Bağ
 2. Kovalent Bağ

Daha önce ifade edildiği gibi, kimyasal bağlar; atomları bir arada tutan kuvvetlerdir. Sodyum klorürde sodyum ve kloru, suda; oksijen ve hidrojeni bir arada tutan bağlar kimyasal bağlardır.

Ayrıca metal atomları arasında iyonik veya kovalent bağlanma ile açıklanamayan bir bağ türü daha vardır ki, buna metalik bağ denir. Metalik bağlanma atomlar (metal atomları) arasında meydana gelmesine karşılık, bağlanma sonucu bir molekül oluşmaması ve çok sayıda metal atomu arasında gerçekleşmesi nedeniyle ayrı bir başlık altında incelenmektedir. (Bazı kaynaklarda moleküller arası kuvvetler başlığı altında da incelenebilmektedir.)

Nasıl Gerçekleştiğini Gör

Nasıl Gerçekleştiğini Gör

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Kimya

Bir de molekülleri bir arada tutan kuvvetler bulunmaktadır. Örneğin, bir bardak suyun içerisinde bulunan çok sayıda su moleküllerini ya da kapalı kaptaki bulunan hidrojen moleküllerini bir arada tutan kuvvetler vardır. Bunlara ise moleküller arası kuvvetler adı verilir. Üç tür moleküller arası kuvvet bulunmaktadır. Bunlar:

1. Van der Waals Kuvvetleri
2. Dipol-Dipol Etkileşimleri
3. Hidrojen Bağı

Yanlış Fikirler

Nasıl Oluştüğünü Gör

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Ek 3'ün Devamı

Kimya

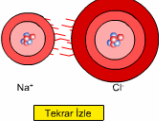
İyonik Bağ

Elektronegatiflikleri birbirinden çok farklı olan metallerle ametaller arasında gerçekleşen bağdır.

Periyodik Tablo

IA,IIA,IIIA grubu elementlerinin iyonlaşma enerjileri oldukça düşüktür. Bu nedenle elektron dizililerini soygazların elektron dizilişine benzetmek için kolayca elektron verirler. Öte yandan VA, VIA ve VIIA grubunda bulunan ametallerin iyonlaşma enerjileri ise yüksektir. Bu nedenle elektron vermek yerine, elektron alarak soygaz düzenine ulaşmak isterler.

Bu nedenle, bir metal ve ametel atomu bir araya geldiğinde, metalden ametele bir elektron geçişi olur. Bu geçiş sonucunda; elektron veren metal katyona, elektron alan ametel anyona dönüşür. Bu iyonlar zıt yükleri nedeniyle birbirini çekerler. Oluşan bu elektrostatik çekim kuvvetine iyonik bağ denir.



Na⁺ Cl⁻

Tekrar İzle

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Kimya

Elektron Nokta Gösterimleri(Lewis Gösterimleri)

Bir atomun üzerinde tüm elektronlarını ve bağ oluşumu sırasında bu elektronların konumunu göstermek oldukça zordur. Bir atomun yalnızca değerlik elektronlarının atomun sembolü etrafında nokta şeklinde gösterimine Lewis Gösterimi ya da Elektron Nokta Gösterimi denir.

| Atomun Adı | Atom no | Elektron Dizilişi | Yapısı | Lewis | Diğerleri | Lewis |
|------------|---------|---|--------------|-------|------------|-------|
| Hidrojen | 1 | 1s ¹ | Yapısını Gör | H• | Karbon (C) | •C• |
| Helium | 2 | 1s ² | Yapısını Gör | •He• | Azot (N) | •N• |
| Lityum | 3 | 1s ² 2s ¹ | Yapısını Gör | Li• | Oksijen(O) | •O• |
| Berilyum | 4 | 1s ² 2s ² | Yapısını Gör | •Be• | Flor(F) | •F• |
| Bor | 5 | 1s ² 2s ² 2p ¹ | Yapısını Gör | •B• | Neon(Ne) | •Ne• |

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>


Kimya

KCl bileşiğindeki iyonik bağın oluşumunu gösterelim.

¹⁹K: 1s²2s²2p⁶3s²3p⁴4s¹
¹⁷Cl: 1s²2s²2p⁶3s²3p⁵

K• + •Cl• → K⁺ + [•Cl•]⁻ → K⁺ + [•Cl•]⁻

Mikroskopik Boyutta İzle



Ek Bilgi

<< Geri Konu Listesi Devam >>

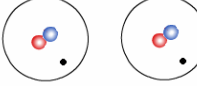
Ana Menü >>

Kimya

Kovalent Bağ

Elektronegatifliği birbirine eşit ya da çok yakın olan ametel atomları arasındaki bağa; kovalent bağ denir. Örneğin; H-H, Cl-Cl, O=O, H-Cl, H-O bağları kovalent bağdır.

Kovalent bağlanma sırasında bağ elektronları her iki atom çekirdeği tarafından çekilmektedir. Yani, kovalent bağ da aslında elektrostatik bir çekim kuvvetidir.



Bağlanmanın Nasıl Gerçekleştiğini İzle

Kovalent bağda atomardan birinin diğerine elektron vermesi söz konusu değildir. Çünkü ametallerin elektron ilgileri birbirine çok yakındır. Ametaller genellikle elektron alarak yada ortaklaşa kullanarak soygaz düzenine benzeyebilirler.

Bu bağlanmayı Lewis gösterimiyle:

H• + •H → H:H

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Kimya

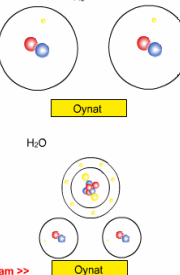
Kovalent bağ ikiye ayrılır:

1.Kutuplu Kovalent Bağ(Apolar Kovalent Bağ)
 2.Kutuplu Kovalent Bağ(Polar Kovalent Bağ)

F₂,Cl₂, N₂, O₂, Si gibi aynı cins atomlar arasında meydana gelen kovalent bağa apolar kovalent bağ denir. Görüldüğü gibi aynı cins atomlardan oluşan kovalent bağlarda ortaklaşa kullanılan elektronlar her iki atom tarafından eşit miktarda çekilmektedir.

HCl, H₂O, NH₃, CH₄ gibi farklı cins atomlar arasında meydana gelen kovalent bağa polar kovalent bağ denir.

Görüldüğü gibi farklı cins atomların oluşturduğu kovalent bağlarda ortaklaşa kullanılan elektronlar, elektron ilgisi daha fazla olan atom tarafından daha fazla çekilmekte ve molekülde kutuplaşma olmaktadır.



<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Kimya

N₂, O₂ ve NH₃ moleküllerindeki kovalent bağlanmayı inceleyelim :

Azotun elektron dizilişi :N: 1s²2s²2p³ ise Lewis gösterimi •N• olur. Buna göre N₂ :

•N• + •N• → :N::N: → :N::N: → N≡N

Burada iki N atomu 3'er elektronunu ortaklaşa kullanmaktadır. Oluşan bağa üçlü bağ denir.

Oksijenin ise 4 değerlik elektronu vardır ve iki oksijen atomu arasındaki bağ çift bağdır.

•O: 1s² 2s² 2p² → :O• + •O: → :O::O: → O=O

NH₃'ün elektron nokta yapısı ise şöyledir:

•N: 1s² 2s² 2p³ → :N• + •H + •H + •H → :N(H)3

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

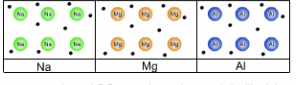
Kimya

Metallik Bağ

Alüminyum, demir, çinko gibi metallerin yapılarını oluşturan çok sayıda metal atomu arasındaki bağdır.

Periyodik Tablo

Metallerin iyonlaşma enerjileri genellikle çok düşüktür. Çünkü metallerde değerlik elektronları çok zayıf bir kuvvette çekilir. Ayrıca metallerin dış enerji seviyelerinde boş orbitallere sahiptirler. Bu iki sebepten dolayı metallerin değerlik elektronları oynaktırlar ve boş olan değerlik orbitallerinde rahatça hareket ederler.



Bir metalde yan yana duran bütün metal atomlarının değerlik elektronları, bir elektron denizi misali birbirlerinin boş değerlik orbitallerinde dolmaktadır. Elektronu kendisinden geçici olarak ayrılan atomun kalan kısmı pozitif yükü gibi düşünülürse, bu negatif yükü elektron denizi ve içerisindeki pozitif yükü olan atomun kalan kısmının arasındaki çekime metallik bağ adı verilir.

<< Geri Konu Listesi Devam >>

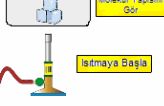
Ana Menü >>

Kimya

Bağlar ve Maddenin Halleri

Bir maddenin belirli sıcaklık ve basınçta katı, sıvı ve gaz halinde bulunması, maddayı oluşturan moleküller ya da tanecikler arasındaki etkileşimlerin büyüklüğüne bağlıdır. Bir molekülün etrafındaki diğer moleküllerle arasında oluşan çekim kuvvetlerine; moleküller arası kuvvetler denir. Moleküller arası kuvvetlere bağlı olarak madde katı, sıvı ya da gaz halinde bulunabilir. Moleküller arasındaki kuvvetler şöyle sınıflandırılabilir:

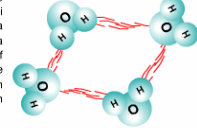

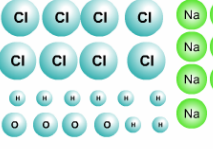
1. Van der Waals Kuvvetleri
2. Dipol-Dipol Kuvvetleri
3. Hidrojen Bağı



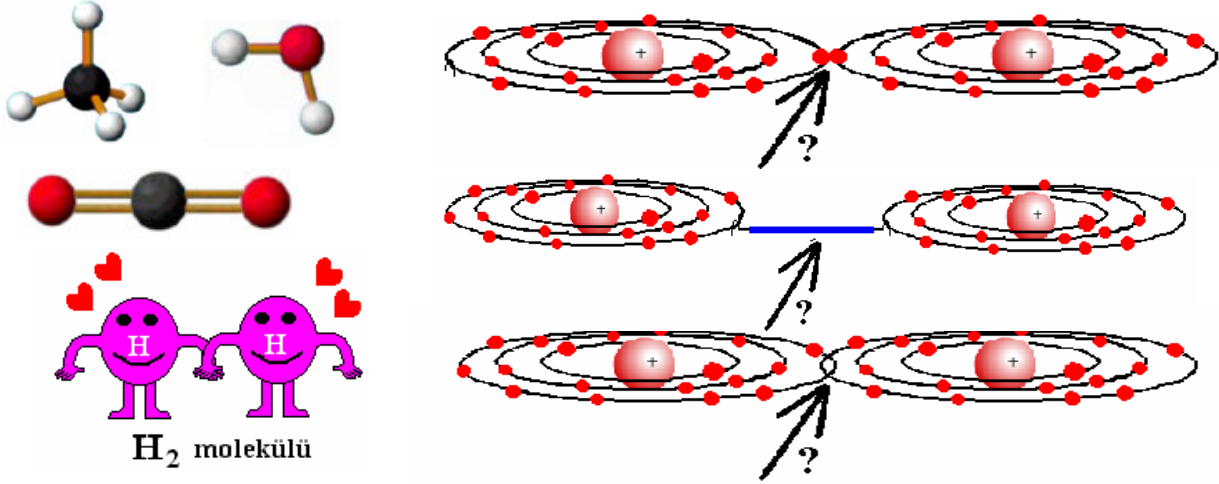
<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>

Ek 3'ün Devamı

| | |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">Kimya</p> <p style="text-align: center;">Van der Waals Kuvvetleri</p> <p>He, Ar, Ne gibi soygazlar ve O₂, H₂, CH₄, CO₂ gibi apolar moleküller arasındaki çekim kuvvetleridir.</p> <p>Yukarıda bahsettiğimiz atom ve moleküllerde elektronların dağılımı simetrikdir. Ancak çok düşük sıcaklık ya da yüksek basınçta bu simetri bozulabilir. Böyle bir durumda, atom ya da molekülün elektronlar bir bölgede daha az ya da çok olabilir. Bu durumda atom ya da molekülün elektronca yoğun olan kısmı kısmen negatif, diğer bölümü ise kısmen pozitif hale gelir. Atom ya da moleküllerden birinde oluşan bu durum komşu atomları da etkileyebilir ve onların da simetrisi bozulur. Böylece atom ya da moleküllerden birinin kısmen pozitif (δ^+) yükü tarafı ile kısmen negatif (δ^-) yükü tarafı arasında bir çekim oluşur. Bu kuvvetlere Van der Waals Kuvvetleri denir.</p> <p style="text-align: center;">Van der Waals Kuvvetlerinin Nasıl Oluştüğünü İzle</p> <p style="text-align: center;"><< Geri Konu Listesi Devam >></p> <p style="text-align: center;">Ana Menü >></p> | <p style="text-align: center;">Kimya</p> <p>Van der Waals bağlarının kuvveti, moleküldeki elektron sayısına, molekül büyüklüğüne ve molekül şekline bağlıdır. Elektron sayısı ve temas yüzeyi büyük olan moleküllerde van der Waals kuvvetleri daha büyüktür. Örneğin; aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru elektron sayısı ve atom çapı artacağından Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğü de artar.</p> <p style="text-align: center;">Alıştırma Yap</p> <p style="text-align: center;"><< Geri Konu Listesi Devam >></p> <p style="text-align: center;">Ana Menü >></p> |
| <p style="text-align: center;">Kimya</p> <p style="text-align: center;">Dipol-Dipol Etkileşimleri</p> <p>Atomları arasında kovalent bağ bulunan ve kutuplu yapıya sahip HCl, CO, HF, NH₃ gibi moleküller arasında kutupluluktan dolayı ortaya çıkan zayıf çekim kuvvetleridir. Yan yana bulunan bu tür moleküllerden birinin kısmi pozitif ucu, diğerinin kısmi negatif ucunu çeker. Böylece moleküller arasında elektrostatik bir çekim oluşur. Kutuplu moleküllerdeki bu çekim kuvvetine dipol-dipol etkileşimleri adı verilir.</p>  <p style="text-align: center;"><< Geri Konu Listesi Devam >></p> <p style="text-align: center;">Ana Menü >></p> | <p style="text-align: center;">Kimya</p> <p>Moleküller arasında dipol-dipol kuvvetleri bulunan bileşiklerin erime ve kaynama noktaları düşüktür. Bu nedenle polar (kutuplu) moleküllerin erime ve kaynama noktaları apolar (kutupsuz) moleküllerinkinden daha yüksektir.</p> <p style="text-align: center;">Alıştırma Yap</p> <p style="text-align: center;"><< Geri Konu Listesi Devam >></p> <p style="text-align: center;">Ana Menü >></p> |
| <p style="text-align: center;">Kimya</p> <p style="text-align: center;">Hidrojen Bağı</p> <p>Yapısında hidrojen atomu ve elektronegatifliği yüksek Flor (F), Klor (Cl), Oksijen (O), Azot (N) gibi atomları içeren moleküller arasındaki çekim kuvvetidir. İki molekül arasında hidrojen bağının olabilmesi için:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Moleküle hidrojen atomu olmalı. 2. Moleküle hidrojen atomuyla birlikte F, O, N, Cl, Br gibi yüksek elektronegatifliğe sahip atomlar olmalı. <p style="text-align: center;">Yanlış Fikirler</p> <p style="text-align: center;"><< Geri Konu Listesi Devam >></p> <p style="text-align: center;">Ana Menü >></p> | <p style="text-align: center;">Kimya</p> <p>Hidrojen bağı aynı cins moleküller arasında gerçekleşebileceği gibi farklı cins moleküller arasında da oluşabilir.</p> <p>Hidrojen bağı diğer moleküller arası kuvvetlerden (dipol-dipol kuvvetleri ve Van der Waals kuvvetleri) daha güçlüdür. Bu nedenle moleküller arası hidrojen bağı olan bileşiklerin erime ve kaynama noktaları, moleküller arasında dipol-dipol kuvvetleri olan ya da Van der Waals kuvvetleri olan bileşiklerden daha yüksektir.</p>  <p style="text-align: center;">Alıştırma Yap</p> <p style="text-align: center;"><< Geri Konu Listesi Devam >></p> <p style="text-align: center;">Ana Menü >></p> |
| <p style="text-align: center;">Kimya</p> <p style="text-align: center;">Bileşikler</p> <p>Atomların elektron alışverişini yaparak veya ortaklaşa kullanarak oluşturdukları daha kararlı, yani daha düşük enerjili moleküllerden oluşan yapılara bileşik adı verilir.</p>  <p style="text-align: center;">Bileşik Oluştur</p> <p>Bileşikler yapılarına göre; iyon yapı ve molekül yapı bileşik olmak üzere ikiye ayrılırlar.</p> <p style="text-align: center;"><< Geri Konu Listesi Devam >></p> <p style="text-align: center;">Ana Menü >></p> | <p style="text-align: center;">Kimya</p> <p style="text-align: center;">İyon Yapılı Bileşikler</p> <p>Daha önce ifade ettiğimiz gibi iyonik bağ (+) yüklü metal katyonu ile (-) yüklü ametall anyonu arasında ki elektriksel çekim kuvvetiydi. Bu anyonlar ve katyonlar etraflarını saran diğer anyon ve katyonlarla birarada bulunur ve düzgün bir örgü yapısı oluşturur. İyonların oluşturduğu bu düzgün yapı iyonik kristalleri meydana getirir.</p> <p style="text-align: center;">Yanlış Fikirler</p> <p style="text-align: center;">Alıştırma Yap</p> <p style="text-align: center;"><< Geri Konu Listesi Devam >></p> <p style="text-align: center;">Ana Menü >></p> |

ACABA ATOMLARI BİR ARADA TUTAN KİMYASAL BAĞLARIN YAPISI NASIL?



Öğrencilerin çoğunluğu kimyasal bağın, günlük hayattan aşına oldukları fiziksel bir nesne ya da yapı olduğunu düşünmektedirler.

Bazı öğrenciler yörüngeleri gerçek yaşamdaki nesnelere gibi düşündükleri için, yörüngelerinin birbirine kenetlenmesi sayesinde atomların bağ yaptıklarını düşünmektedirler.

Bazı öğrenciler atomların elektronlar sayesinde bir arada durduklarını ve bağ yaptıklarını düşünmektedirler. Onlara göre elektronlar birbiriyle yapışarak iki atomu bir arada tutmaktadır.

Bazı öğrenciler ise, atomların bağ yapma nedenlerini onların “elektron alma yada verme istekleri” ile ilişkilendirmektedirler. Onlara göre “elektron almak isteyen atom” ile “elektron vermek isteyen atom” birbirine yaklaşırlar ve elektron alışverişi yaparlar. Onları bir arada tutan şey bu istekleridir. Bu öğrenciler atomların böylece kararlı ve mutlu olduğunu düşünmektedirler. Ayrıca kimyasal bağın bir enerji olduğuna inanan öğrenciler de bulunmaktadır.

Bu öğrencilerin tamamı kimyasal bağ hakkında yanlış veya eksik bilgilere sahiptirler. Atomları bir arada tutan; fiziksel bir yapı, elektron, yörünge, istek, sevgi veya enerji değildir.

Kendilerine derslerde sunulan top-çubuk modellerinde olduğu gibi, kimyasal bağların fiziksel bir nesne olduğunu düşünen öğrencilerin bu fikirleri doğru değildir. Bu modeller (sol üstteki resimler) öğrencilere yapısını göremedikleri molekülü ve bağlanmayı daha kolay açıklayabilmek için öğretmenler tarafından kullanılan materyallerdir. Bu modeller gerçeğinin aynısı değildir. Mikroskopla bile görülemeyen atomlar ve aralarındaki bağlar, gerçek hayattaki fiziksel nesnelere benzemezler.

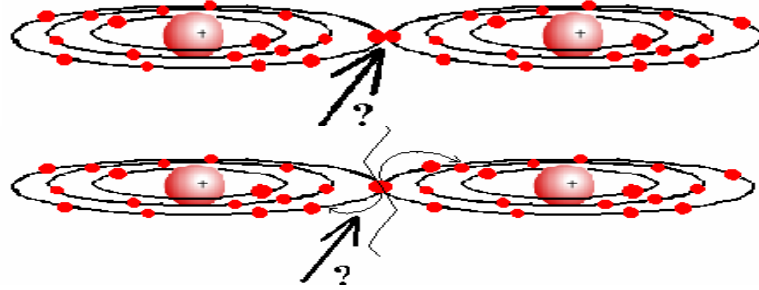
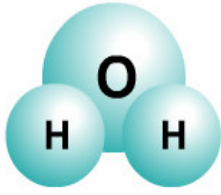
Atomların yörüngelerinin birbirine kenetlenmesi şeklinde bağ yaptıkları fikri doğru değildir. Bu fikrin yanlış olmasının birçok sebebi vardır. Birincisi; atomlarda elektronlar yörüngelerde değil, orbitallerde hareket ederler. İkincisi; orbitaller (yada öğrencilerin ifadesiyle yörüngeler) gerçek hayattaki fiziksel nesnelere benzemezler. Orbitaller, elektronların bulunma olasılıklarının en fazla oldukları alanlardır (hacimlerdir). Bu nedenle, atomların orbitallerini (yada öğrencilerin ifadesiyle yörüngeler) birbirine kenetleyerek yada herhangi bir fiziksel yapı ile yörüngelerini birleştirerek bağ yaptıkları fikri yanlıştır (sağ üstteki resimler). Atomlar arasında onları bir arada tutan herhangi bir fiziksel yapı olamaz.

Atomların elektronların birleşmesi sonucu bağ yaptıkları görüşü de yanlıştır. Çünkü, eksi (-) yüklü olan iki elektronun birleşmesi mümkün değildir. Bu fikir, fizik kuralları ile ters düşmektedir.

Atomların elektron alma yada verme istekleri sayesinde bağ yaptıkları veya bu yüzden bir arada durdukları fikri de yanlıştır (sol üstteki H₂ molekülü şekli). Atomlar insanlar gibi canlı değildirler. Onlar istemezler yada mutlu olmazlar. Bu özellikler insanlara özeldir. Sınıfta bu tür ifadeler öğretmenler tarafından sıklıkla kullanılsa da, bu ifadeler aslında gerçek değildirler. Bu ifadeler sadece öğrencilerin konuyu daha kolay anlayabilmesi için kullanılan ifadelerdir.

Atomları bir arada tutan; çekim kuvvetleridir. Bu kuvvetler; iyonik bağda elektron alış sonucu, kovalent bağda ise elektron ortaklaşması sonucu oluşur. Başka bir ifadeyle **kimyasal bağ; atomlar arasındaki çekim kuvvetidir.**

BAĞ OLUŞUMU ESNASINDA ELEKTRONLARIN İŞLEVİ NEDİR?



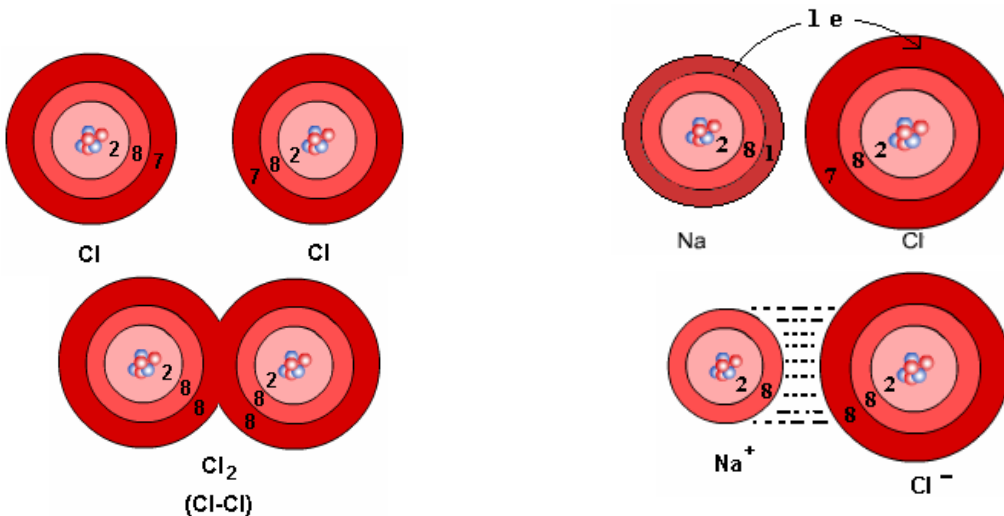
Bazı öğrenciler bağlanma esnasında elektronların kaybolduğunu düşünmektedirler. Bu öğrencilere göre, atomlar bir araya gelmiş ve artık yeni bir molekül oluşmuştur. Elektron, proton ve nötron gibi yapıların sadece atomlar için bahsedilebileceğini düşünen bu öğrenciler, bağlanma esnasında elektronların kaybolduğunu ve artık atomların özelliklerine benzemeyen, daha farklı yapıya sahip bir molekülün oluştuğunu düşünmektedirler (soldaki şekil).

Bazı öğrenciler bağlanma esnasında atomların elektronlarının birbirine yapıştığını ve atomların bu şekilde bir arada durduklarını düşünmektedirler. Onlara göre, bu elektron çiftine kimyasal bağ denmektedir (sağ üstte ilk şekil)

Bazı öğrenciler bağlanma esnasında bir atomun elektronunun yada elektronlarının ikiye bölündüğünü düşünmektedir. Bu öğrencilere göre, atomlardan biri diğeri ile elektronlarını ortaklaşa kullanmaktadırlar (sağ üstte ikinci şekil).

Bu fikirler doğru değildir. Kimyasal bağ; atomlar arasında oluşan bir tür çekim kuvvetidir. Kimyasal bağ elektron ya da herhangi bir nesne değildir. Her ikisi de eksi (-) yüklü olan elektronların birleşmesi ve bu şekilde atomları bir arada tutması fizik yasalarına ters düşmektedir (sağ üst şekil). Benzer şekilde; yüklü bir tanecik olan elektronun yapısını, günlük hayattaki nesnelere yapısına benzermiş gibi düşünerek, bölünmesinden bahsetmek de doğru değildir (sağ alt şekil). Bağlanma esnasında elektronların kaybolması da söz konusu değildir. Daha önce de ifade edildiği gibi bağlanma esnasında elektronlar aktif rol oynarlar. Sol üst kısımda gösterilen şekil, atomların (iki hidrojen ve bir oksijen) bir araya gelmesi ile oluşan su molekülünün bir modelidir. Bu şekil (sol üst şekil), molekül kavramının anlaşılmasını kolaylaştırmak için basitçe çizilmiş bir gösterimdir. Bu gösterimde her ne kadar proton, nötron ve elektronlar yer almasa da, aslında onlar kaybolmamışlardır.

Kimyasal bağlanmanın türüne göre, elektronların bağlanma esnasındaki durumları farklılık göstermektedir. Daha sonraki bölümlerde açıklanacağı üzere; kimyasal bağlanma atomlar arasında elektron alışverişi sonucu oluşabilirken, elektron ortaklaşması (paylaşımı) şeklinde de gerçekleşebilir. Ancak bu paylaşım bölünme ya da birleşme şeklinde değildir. "Paylaşım" kelimesi ile anlatılmak istenen; atomların bazı elektronlarını diğer atom veya atomlarla ortak kullanmasıdır. Yani; ortak kullanılan elektronlar bağ yapan iki atom çekirdeği tarafından çekilmekte ve bu sayede atomlar bağ yapmaktadır.



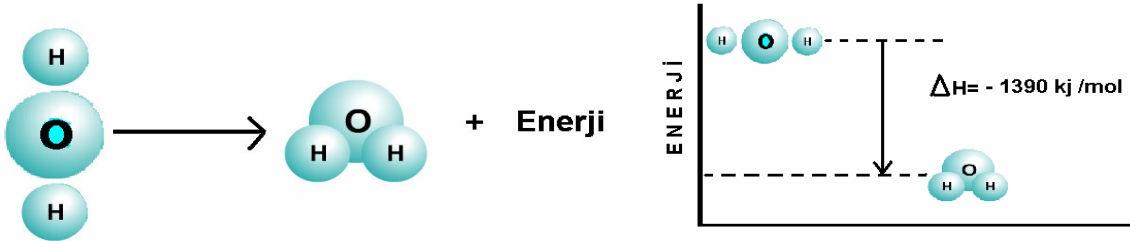
BAĞ OLUŞUMU VE BAĞ KIRILMASI SIRASINDA ENERJİ ALINIR MI YOKSA VERİLİR Mİ?

Bazı öğrenciler bir bağı oluşması sırasında enerji ihtiyacı olduğunu ve reaksiyonun endotermik olduğunu, bağların kırılması sırasında ise enerji açığa çıktığını ve reaksiyonun ekzotermik olduğunu düşünmektedirler.

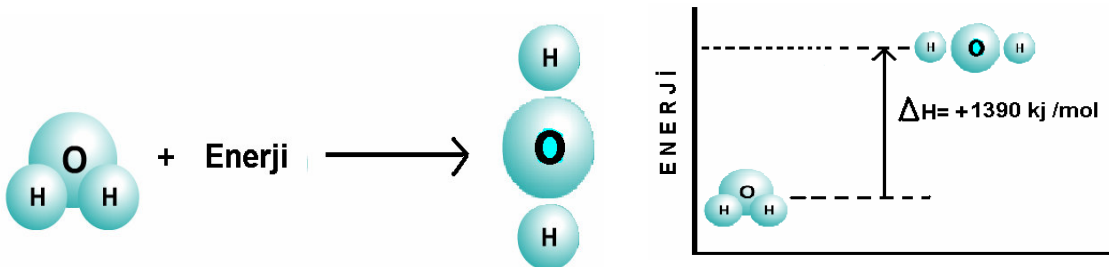
Bu öğrencilerden bazıları, kimyasal bağı fiziksel bir yapı olarak düşündükleri için oluşumu sırasında enerji harcadığını düşünürken, fiziksel bir yapı olarak düşündükleri bağların kırılması sırasında ise enerji açığa çıktığını düşünmektedirler.

Öğrencilerin bu fikirlere sahip olma nedenlerinden biri de, biyoloji derslerinde fotosentez konusunu işlerken öğrendikleri bilgileri yanlış yorumlamalarıdır. Bu derslerde; ATP oluşumu için enerji gerektiği, ATP'nin parçalanması sırasında ise enerji açığa çıktığını öğrenen öğrenciler, ATP'nin parçalanmasını bağ oluşumu ile ilişkilendirmekte ve bağ oluşumunun endotermik olduğunu düşünmektedirler. Benzer şekilde, ATP oluşumunu da bağların kırılması ile ilişkilendirerek, bağ oluşumunun da endotermik olduğu sonucuna varmaktadır.

Bu fikirler yanlıştır. Atomlar bir araya gelerek bir molekülü oluşturduklarında daha düşük enerjili hale gelirler. Başka bir ifadeyle; yüksek enerjili olan atomlar bir araya gelerek daha düşük enerjili molekülleri oluştururlar ve bu esnada enerji açığa çıkar. Bu nedenle BAĞ OLUŞUMU endotermik (enerjiye ihtiyaç duyan) değil, EKZOTERMİK (dışarıya enerji veren) bir olaydır.



Bağ oluşumunun aksine, bağ kırılması esnasında, düşük enerjili olan bir molekülün yeniden yüksek enerjili atomlarına ayrılması için ise enerji gerekmektedir. Bu nedenle BAĞ KIRILMASI ekzotermik (dışarıya enerji veren) değil, ENDOTERMİK (enerjiye ihtiyaç duyan) bir olaydır.



İYONİK BAĞ HANGİ ATOMLAR ARASINDA MEYDANA GELİR?

Periyodik Tablo

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----|----|-----------------|------|-----|------|-------|--------|------|-----|----|----|---------------|----|----|----|----|----|
| 1 | IA | | | | | | | | | | | | VIIA | | | | | |
| 2 | H | He | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne |
| 4 | Na | Mg | III B | IV B | V B | VI B | VII B | VIII B | IX B | X B | Cu | Zn | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| 5 | K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| 6 | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe |
| 7 | Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |
| 8 | Fr | Ra | Ac | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | | | | | | | | |
| Lantanitler | | | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | | |
| Aktinidler | | | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr | | |
| Alkali Metaller | | | Geçiş Metalleri | | | | | | | | | | Yarı Metaller | | | | | |
| Toprak Alkali Metaller | | | Ametaller | | | | | | | | | | Soygazlar | | | | | |

Bazı öğrenciler iyonik bağın ametaller arasında gerçekleştiğini düşünmektedir. Bu öğrencilere göre; flor, klor, brom, azot gibi atomlar arasında gerçekleşen bağ iyonik bağdır. Çünkü onlara göre iyonik bağ, elektron ihtiyacı olan iki atomun elektronlarını ortak kullanması şeklinde oluşur.

Bazı öğrenciler iyonik bağın metal atomları arasında gerçekleştiğini düşünmektedir. Onlara göre iyonik bağ, kimyasal bağlar arasında en güçlüsüdür. Günlük hayatta sıkça örneklerini gördükleri demir, bakır, alüminyum ve çinko gibi metaller yapısı en sağlam maddelerdir. Böyle düşünen öğrenciler, metallerin bu güçlü yapısının ancak onun atomları arasında en güçlü kimyasal bağ olan iyonik bağın var olması ile açıklanabileceğini düşünmektedirler.

Bazı öğrenciler iyonik bağın sadece 1A grubu atomları (alkali metaller) ile 7A grubu atomları (halojenler) arasında gerçekleştiğini düşünmektedirler.

Bazı öğrenciler ise hidrojen atomunun metal olduğunu, bu nedenle iyonik bağın; hidrojen atomu ile flor, klor ve oksijen gibi ametaller arasında gerçekleştiğini düşünmektedirler.

İyonik bağın ametal atomları arasında gerçekleştiği fikri yanlıştır. İyonik bağ elektron alışverişi ile gerçekleşir ve bu nedenle soygaz düzenine benzerken elektron vermesi gereken bir atom ile soygaz düzenine benzerken elektron alması gereken bir atom arasında gerçekleşmelidir. Halbuki, ametallerin soygaz düzenine benzemeleri için elektrona ihtiyaçları vardır. Bu nedenle, her ikisi de elektron almaya eğilimli ametal atomları arasında elektron alışverişi mümkün değildir. Yani, iyonik bağ ametaller arasında gerçekleşmez. Ametal atomları arasındaki bağ; kovalent bağdır.

Metaller arasındaki bağ ise metalik bağdır. Günlük hayatta karşılaştığımız metal örneklerinin sağlam yapısını, en güçlü bağ türü olan iyonik bağla eşleştirmek yanlıştır. Metalik bağ da oldukça güçlü bir bağ türüdür. Ayrıca metaller soygaz düzenine benzemek için genellikle elektron verirler. İyonik bağın elektron alışverişi ile gerçekleştiği düşünülürse, ikisi de elektron vermeye eğilimli metal atomları arasında bir elektron alışverişinin olamayacağı açıktır.

Öğrencilerden bazıları, sık karşılaştıkları iyonik yapı örneklerinin bu şekilde olması nedeniyle iyonik bağın yalnızca 1A grubu metal atomları ile VIIA grubu ametal atomları arasında gerçekleştiğini düşünmektedir. Bu fikir doğru değildir. Çünkü, çok bilinen NaCl ve KCl gibi örneklerin yanında, CaF₂, MgCl₂ gibi birçok iyonik bileşik örneği de bulunmaktadır. Burada esas olan; atomlardan birinin metal, diğerinin ise ametal olmasıdır. Bu nedenle iyonik bağ; 1A, 2A ve bazı IIIA grubu metalleri ile VA, VIA ve VIIA grubu ametalleri arasında gerçekleşebilir.

Hidrojen atomunun metal olduğunu ve bu yüzden HCl, HF gibi bileşiklerde iyonik bağ olduğunu düşünen öğrenciler hatalıdır. Hidrojen atomu her ne kadar periyodik cetvelin 1A grubunda olsa da, aslında bir ametal atomudur ve soygaz düzenine benzemesi için elektron alması gerekir. Temel halde 1 elektronu olan hidrojen atomunun elektron vermesi mümkün değildir. Bu nedenle bir ametal atomu olan hidrojenin klor, flor, oksijen gibi ametal atomlarıyla yaptığı bağlar iyonik değil kovalent bağlardır.

Sonuç olarak **iyonik bağ**; bağlanma esnasında genellikle elektron veren **metal atomları ile** bağlanma esnasında genellikle elektron alan **ametal atomları arasında** elektron alışverişi şeklinde **gerçekleşmektedir**.

İYONİK BAĞ NASIL GERÇEKLEŞİR?

Bazı öğrenciler iyonik bağın; ametal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini düşünmektedir. Bu öğrenciler, kararlı hale geçmek için elektron almaya eğilimli olan ametal atomlarının, birbirinin elektronlarını ortaklaşa kullandıklarını ifade etmektedirler.

Bazı öğrenciler, tüm bağlanmalarda olduğu gibi iyonik bağlanma sırasında da elektronların kaybolduğunu düşünürken, bazıları da yine tüm bağlanma türlerinde olduğu gibi iyonik bağda da elektronların bölündüğünü düşünmektedir.

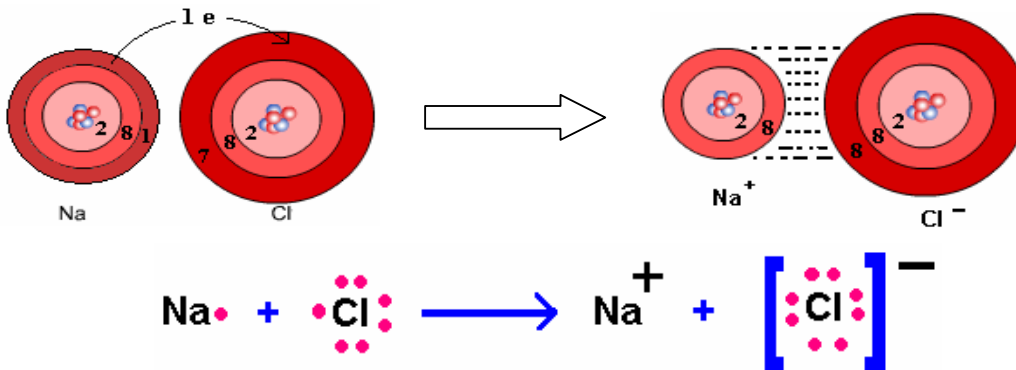
İyonik bağın ametal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiği fikri yanlıştır. Öğrencilerin sahip oldukları bu fikir, onların iyonik ve kovalent bağı birbiri ile karıştırmasından kaynaklanıyor olabilir. İyonik bağ elektron alışverişi sonucunda oluştuğu için, bağlanma esnasında genellikle elektron veren metal atomları ile bağlanma esnasında genellikle elektron alan ametal atomları arasında gerçekleşir. Ancak, bağlanma esnasında genellikle elektron alan ametal atomlarının bağ yapabilmeleri için her iki ametal atomunun elektronlarını ortaklaşa kullanmaları gerekir. Elektronların ortaklaşa kullanılması şeklinde gerçekleşen bağlanma türü ise kovalent bağdır.

İyonik bağlanma sırasında elektronların bölündüğü fikri de yanlıştır. Böyle düşünen öğrenciler büyük olasılıkla kovalent bağı açıklarken kullanılan *paylaşmak* kelimesini yanlış anlamışlar ve kovalent bağlanma sırasında öğrendikleri “elektronlarını paylaşarak bağ yapma” fikrinin iyonik bağ için de geçerli olduğunu düşünmüşlerdir. Yüklü bir tanecik olan elektronun yapısını, günlük hayatta karşılaştığımız fiziksel bir nesneymiş gibi düşünmek ve bölünmesinden bahsetmek doğru değildir. Ayrıca, bağlanma sırasında elektronların kaybolduğunu düşünmek de yanlıştır. Bağlanma sırasında elektronlar aktif rol oynarlar. Bazen ders kitaplarında veya diğer kaynaklarda molekül kavramının anlaşılmasını kolaylaştırmak için basitçe çizilmiş şekiller yer almakta ve bu şekillerde proton, nötron ve elektronlar gösterilmemektedir. Ancak her ne kadar bu gösterimlerde yer almasa da, aslında atomların veya moleküllerin yapısında bu tanecikler vardır ve kaybolmamışlardır.

İyonik bağ, elektronegatifliği birbirinden çok farklı metal ve ametal atomları arasında oluşan ve atomlar arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleşen bir kimyasal bağdır.

Özellikle IA, IIA, ve bazı IIIA grubundaki atomların (metallerin) iyonlaşma enerjileri oldukça düşüktür. Bu nedenle bağlanma sırasında genellikle elektron vererek kararlı hale geçerler. Buna karşılık, VA, VIA ve VIIA grubundaki atomların (ametaller) iyonlaşma enerjileri de oldukça yüksektir. Bu nedenle, bu atomlar bağlanma esnasında genellikle elektron alarak kararlı olan soygaz yapısına ulaşırlar.

Bu özelliklerini dikkate alırsak, bir metal ve ametal atomu yan yana gelirse, metal atomundan ametal atomuna elektron geçişi (transferi) olur. Elbette bu geçiş sonrasında (+) yüklü bir metal katyonu ve (-) yüklü bir ametal anyonu oluşur. Zıt yüklü bu anyon ve katyon birbirini çeker. İşte, **oluşan bu elektriksel çekim kuvvetine iyonik bağ denir.**



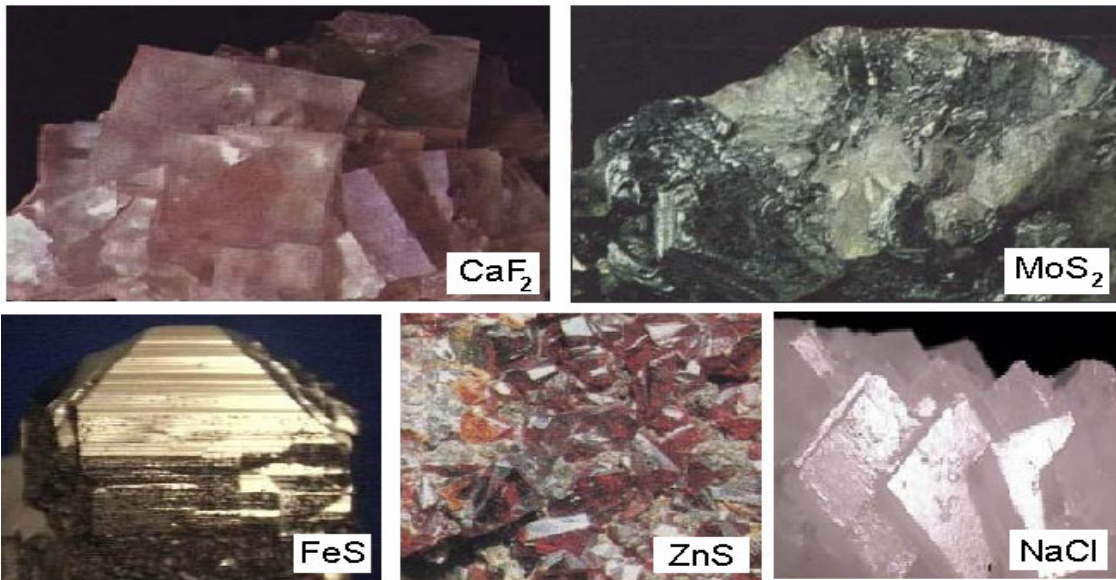
İYONİK BAĞLI BİLEŞİKLER GENELLİKLE HANGİ HALDEDİR?

Bazı öğrenciler iyonik bileşiklerin genellikle sıvı halde bulunduğunu düşünürken, bazı öğrenciler ise iyonik bileşiklerin genellikle gaz halinde olduğunu düşünmektedir.

İyonik bileşiklerin genellikle sıvı olduğunu söyleyen öğrencilerin bu fikri, onların iyonik bileşikler için yanlış örnekleri düşünmelerinden kaynaklanmış olabilir. Bu öğrenciler iyonik ve kovalent bağı birbiriyle karıştırıyor olabilirler. Bu nedenle iyonik bileşikler için kovalent bağlı bileşik örneklerini düşünmüş ve böyle bir fikre sahip olmuş olabilirler. Bu öğrencilerin akıllarına gelebilecek en olası kovalent yapılu bileşikler; su, hidroklorik asit ve hidrojen florür gibi bileşikler olduğu için, onlar bu örneklerden yola çıkarak genellikle bu bileşiklerin sıvı olacağını düşünmüş olabilirler. Aslında hidrojen klorür ve hidrojen florür gaz halinde olsa da günlük yaşamında genellikle onun sulu çözeltileri ile karşılaşan öğrencinin onları sıvı gibi düşünmesi olasıdır. Ayrıca öğrencilerin böyle bir yanlış anlamaya sahip olmalarının diğer bir nedeni de; onların hidrojeni metal olarak düşünmeleridir. Öğrencilerin bazıları atom numarasının 1 ($AN=1$) olması ve periyodik cetvelin sol tarafında bulunması nedeniyle onun metal olduğu inancındadırlar. Bu nedenle bu öğrenciler, örneğin su molekülünü metal ile ametal atomu arasında oluşan bir bileşik gibi düşünerek, aralarındaki bağı iyonik bağ olduğu sonucunu çıkarabilirler.

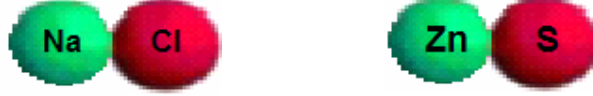
Bazı öğrenciler ise iyonik bileşiklerin gaz olduğunu düşünmektedir. Benzer şekilde, bu öğrencilerin de iyonik bileşikler için yanlış örnekleri düşünmüş olmaları büyük olasılıktır. Örneğin; iyonik bağı metal ile ametal atomları arasında gerçekleştiğini bilen bir öğrenci, bir ametal olan oksijen atomunun, herhangi bir metal atomuyla oluşturduğu iyonik bileşimin (örneğin; K_2O), yapısında bulunan oksijen yüzünden gaz halinde olacağını düşünmüş ve bu nedenle böyle bir yanılığa sahip olmuş olabilir.

Yukarıda da ifade edildiği gibi her iki fikir de yanlıştır. Soygaz düzenine benzerken genellikle elektron veren metallere, soygaz düzenine benzerken genellikle elektron alan ametaller arasında elektron alış-verişi şeklinde gerçekleşen iyonik bağ, oluşan anyon ve katyon arasındaki elektriksel çekim kuvvetidir. İyonik bağ en güçlü kimyasal bağ türüdür. Atomları bir arada tutan bu bağ türü öyle güçlüdür ki; iyonik bağla bağlı bileşikler genellikle **KATI** haldedir. Altta resimlerde bazı iyonik bağlı bileşik örnekleri görülmektedir.



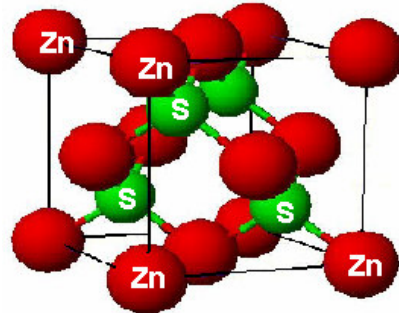
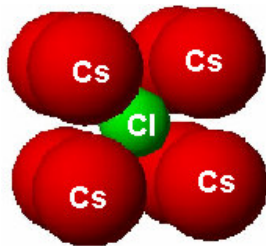
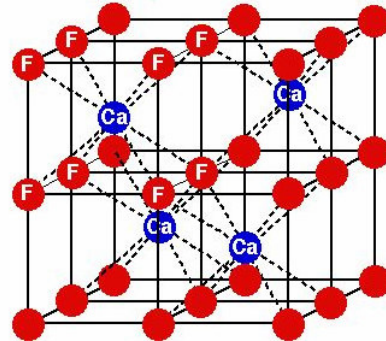
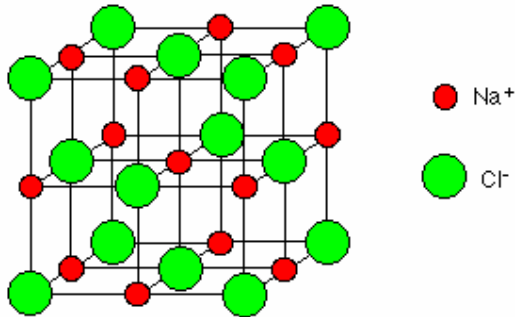
İYONİK BİLEŞİKLER MOLEKÜLER HALDE MİDİR?

Bazı öğrenciler NaCl, KCl, CsCl, ZnS vb. iyonik bileşiklerin moleküler bir yapıya sahip olduklarını düşünmektedir. Başka bir ifadeyle, iyonik bileşiklerin bir katyon (Na^+ , K^+ , Cs^+ , Zn^+) ile bir anyonun (Cl^- , S^{2-}) birleşmesinden oluşan birçok molekülden oluştuğunu düşünmektedirler.



Bu fikir doğru değildir. Öğrencilerin böyle düşünmesinin olası sebebi NaCl, KCl, CsCl, ZnS iyonik bileşiklerin formüllerinden dolayıdır. Formülünde yalnızca bir tek sodyum ve klor atomunu gören öğrenci molekülün yapısının da bu şekilde oluşacağını düşünmektedir. Ayrıca bazı öğrenciler tüm bileşiklerin moleküler yapıda olması gerektiğini düşünerek, kovalent bağlı bileşiklerde olduğu gibi iyonik bileşiklerin de moleküler bir yapıya sahip olması gerektiğine inanmış olabilirler. Genellikle bir molekülün iki ya da üç atomu içerdiğini düşünen öğrenciler, sodyum klorürdeki ve diğer iyonik bileşiklerdeki örgü yapısını hiç görmemiş yada görmüş olsalar bile tam anlamamış olabilirler.

Halbuki iyonik yapılu bileşiklerde atomlar birbirine örgüye benzer bir yapıda sıkıca bağlanmışlardır. Bir katyon yalnızca bir anyona bağlı değildir, ya da tersi biçimde bir anyon sadece bir katyona bağlı değildir. Etrafındaki zıt yüklü iyonların hepsine iyonik bağla bağlıdır. İyonik bileşiklerin formül olarak NaCl, KCl şeklinde yazılmasının nedeni ise bileşiğin formülünü basitleştirmektir. Örneğin; NaCl de bir sodyum iyonu (Na^+) altı tane klor iyonu (Cl^-) tarafından çekilmekteyken, bir tane klor iyonu (Cl^-) da altı tane sodyum iyonu (Na^+) tarafından çekilmektedir. Basitleştirmek amacıyla bileşiğin formülü Na_6Cl_6 olarak değil, NaCl olarak ifade edilir. Bu durum yanlış anlaşılmalıdır. Aşağıda bazı iyonik bileşiklerin örgü yapıları gösterilmektedir.



KOVALENT BAĞ HANGİ ATOMLAR ARASINDA MEYDANA GELİR?

Bazı öğrenciler kovalent bağın metaller ile ametaller arasında gerçekleştiğini düşünmektedir. Bu öğrencilere göre; NaCl, KCl, ZnS gibi biri metal diğeri ametal olan iki atomun arasında gerçekleşen bağ kovalent bağlıdır.

Bazı öğrenciler kovalent bağın metal atomları arasında gerçekleştiğini düşünmektedir.

Bazı öğrenciler kovalent bağın soygazlar arasında gerçekleştiğini düşünmektedir.

Bazı öğrenciler kovalent bağın soygazlar ile ametaller arasında gerçekleştiğini düşünmektedir.

Hidrojen atomunu 1A grubunda yer almasından dolayı metal olarak düşünen bazı öğrenciler ise, HCl, HF gibi bileşiklerde atomları bir arada tutan bağın kovalent bağ değil, iyonik bağ olduğunu düşünmektedirler.

Kovalent bağın metallerle ametaller arasında gerçekleştiği fikri yanlıştır. Çünkü kovalent bağlanma, soygaz düzenine benzemek için elektrona ihtiyaç duyan ametal atomlarının, elektronlarını ortaklaşa kullanmasıyla oluşur. Halbuki, soygaz düzenine benzemek için elektron veren metaller, soygaz düzenine benzemek için elektrona ihtiyaç duyan ametallerle bağ oluşturacakları zaman, aralarında genellikle elektron alışverişi olur. Bu nedenle metallerle ametaller arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleşen bağ; kovalent bağ (elektron ortaklaşması) değil, iyonik bağlıdır.

Bazı öğrencilerin ifade ettiği gibi kovalent bağ metal atomları arasında da gerçekleşmez. Üstte ifade edildiği gibi, yan yana bulunan ametal atomlarının hepsinin son kabuğunda elektron eksikliği olduğu için, elektronlarını ortaklaşa kullanma yoluna giderler. Halbuki metal atomlarının son enerji düzeylerinde elektron fazlalıkları vardır ve bu nedenle soygaz düzenine benzemek için elektron vermeye daha yatkındırlar. Bu nedenle metal atomları arasındaki bağlanma, ametal atomları arasında elektron paylaşımı şeklinde gerçekleşen kovalent bağlanmadan daha farklıdır. İsminden de anlaşılacağı gibi, metal atomları arasında metalik bağ vardır.

Kovalent bağ bazı öğrencilerin ifade ettiği gibi soygazlar arasında da gerçekleşmez. Soygazların son enerji düzeyleri tam dolu olduğu için kararlı yapıdadırlar ve bağ yapmazlar. Dolayısıyla soygaz atomları arasında ne kovalent bağ (elektron ortaklaşması), ne de başka bir bağ yoktur. Ama elbette onları da bir arada tutan kuvvetler vardır. Bunlar van der waals kuvvetleridir.

Kovalent bağın soygazlar ve ametaller arasında gerçekleştiği fikri de yanlıştır. Üstte ifade edildiği gibi soygazlar ne kendi aralarında ne de başka atomlarla bağ yapmazlar. Böyle düşünen öğrenciler büyük ihtimalle van der waals kuvvetlerini kovalent bağ ile karıştırmışlardır. Çünkü van der waals kuvvetleri apolar moleküller arasında ve soygaz atomları arasında bulunmaktadır. Bu öğrenciler moleküller arası bir kuvvet olan van der waals kuvveti için öğrendikleri bilgileri yanlış yorumlamış ve molekül içi bir bağ olan kovalent bağ ile karıştırmış olabilirler.

HCl, HF, H₂O gibi moleküllerde atomlar arasında iyonik bağ olduğu fikri de yanlıştır. Hidrojen atomu periyodik cetvelde 1A grubunda yer almasına rağmen metal değil, ametaldir. Metallerin elektron verme istekleri düşünüldüğünde, zaten temel halde 1 elektronu olan hidrojen atomunun elektron vermesi düşünülemez. Hidrojen ametaldir. Bu nedenle, HCl, HF, H₂O gibi moleküllerin atomları arasında (ametal-ametal) iyonik değil, kovalent bağ vardır.

Soygaz düzenine benzemek için elektrona ihtiyacı olan ve yan yana bulunan ametal atomları, eğer ortamda elektron verebilecek bir metal atomu yoksa, elektronlarını ortaklaşa kullanarak son kabuklarındaki elektron sayısını 8'e tamamlarlar. Ametal atomlarının elektronlarını ortaklaşa kullanarak bir arada durdukları bu bağ türüne kovalent bağ denir. Kovalent bağ, soygaz düzenine benzemek için elektrona ihtiyacı olan ametal atomları (ametal-ametal) arasında gerçekleşir. Örneğin, O₂'deki O=O bağı, Cl₂'deki Cl-Cl bağı, HCl'deki H-Cl bağı ve HF'deki H-F bağı kovalent bağlıdır.

KOVALENT BAĞ NASIL GERÇEKLEŞİR?

Bazı öğrenciler kovalent bağın metal ve ametal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleştiğini düşünmektedirler.

Bazı öğrenciler tüm bağlanmalarda olduğu gibi kovalent bağlanma sırasında da elektronların kaybolduğunu düşünmektedirler.

Bazı öğrenciler kovalent bağlanma esnasında elektronların bölündüğünü düşünmektedirler.

Bazı öğrenciler ise kovalent bağın iki atomun elektronlarının yapışmasıyla oluştuğuna inanmaktadırlar.

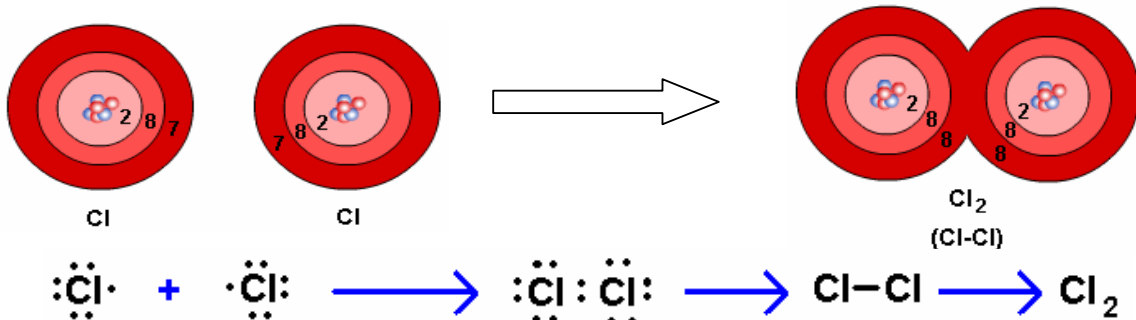
Kovalent bağlanmanın metal ve ametal atomları arasında gerçekleştiği fikri doğru değildir. Öğrencilerin sahip oldukları bu fikir, onların iyonik ve kovalent bağı birbiri ile karıştırmasından kaynaklanıyor olabilir. Çünkü kovalent bağ, atomlar arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşen bağlanma türüdür ve soygaz düzenine ulaşmak için elektrona ihtiyaç duyan ametal atomları arasında gerçekleşmektedir. Son kabuğunda elektron fazlası olan metal atomları ile son kabuğunda elektron eksikliği olan ametal atomları bir araya geldiklerinde, bu atomlar arasında elektron ortaklaşması değil, elektron alışverişi olur. Bu durumda oluşan bağ ise iyonik bağdır.

Diğer bağlanma türlerinde olduğu gibi iyonik bağlanma sırasında elektronların kaybolduğu fikri de yanlıştır. Öğrencilerin böyle bir yanlış fikre sahip olmaları, onların kitaplarda veya derslerde gördükleri molekül şekillerini yanlış yorumlamalarından kaynaklanabilir. Bu şekillerde iki atomun birleşmesi sonucu oluşan moleküller gösterilirken, elektronlar gösterilmez ve molekül basitçe modellenir. Ancak bu tür gösterimler, molekülün yapısının daha iyi anlaşılması için çizilen basit modellerdir. Bu tür gösterimlerde elektron, proton veya nötronlar gösterilmese de, aslında onlar kaybolmamıştır.

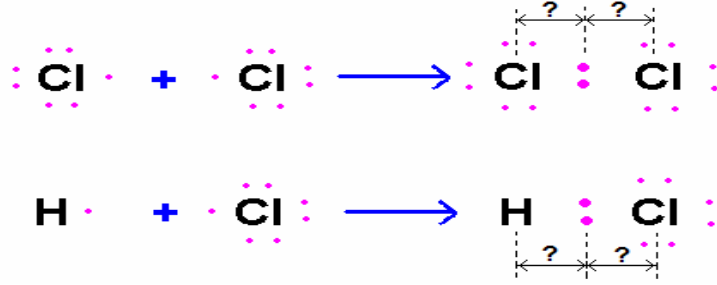
Kovalent bağlanma sırasında elektronların bölündüğü fikri de doğru değildir. Bu öğrenciler atomlar arasındaki elektron paylaşımını günlük yaşamda sıkça kullandığımız “paylaşmak” kelimesinin anlamıyla ilişkilendirerek, atomlardan birinin sahip olduğu elektronların bölünerek diğerine verilmesi şeklinde düşünmüş olabilirler. Öncelikle bu paylaşım; sadece atomlardan birinin elektronlarını diğeriyle paylaşması değil, her iki atomun da ihtiyacı olduğu kadar elektronunu diğeriyle paylaşmasıdır. İkinci olarak ise, elektronlar günlük hayatta karşılaştığımız fiziksel yapılar gibi değildir ve bölünmelerinden bahsetmek mümkün değildir.

Ayrıca, kovalent bağın iki atomun elektronlarının birbirine yapışması olduğu düşüncesi de yanlıştır. Böyle düşünen öğrenciler büyük olasılıkla, elektronların ortaklaşa kullanılmasının nasıl gerçekleştiğini anlayamamışlardır. Bağlanma denildiğinde mutlaka iki atom arasında onları bir arada tutacak bir yapı olması gerektiğini düşünen bu öğrenciler, onları bir arada tutacak bu yapının elektron olduğunu düşünmüş olabilirler. Ancak öncelikle bu durum fizik kanunlarına aykırıdır, çünkü (-) yüklü iki elektronun birleşmesi mümkün değildir. İkincisi, bağ denilen şey iki atom arasındaki herhangi bir fiziksel yapı veya nesne değil, yalnızca iki atom arasındaki elektriksel çekim kuvvetidir.

Kovalent bağ, ametal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşir. Ametallerin iyonlaşma enerjileri yüksektir, çok zor elektron verirler. Bu nedenle bağlanma esnasında elektron vererek değil, elektron alarak kararlı olan soygaz yapısına ulaşırlar. Elektron ihtiyacı olan iki ametal atomu bağ yapmak üzere bir araya geldiğinde; her ikisi de elektron vermek istemediği, aksine elektron almak istediği için, elektronlarını ortak kullanarak bağ yaparlar. **Ametal atomlarının elektronlarını ortak kullanarak oluşturdukları bu bağlanmaya kovalent bağ adı verilir.**



TÜM KOVALENT BAĞLARDA BAĞ ELEKTRONLARI ATOMLARA EŞİT UZAKLIKTA MIDIR?

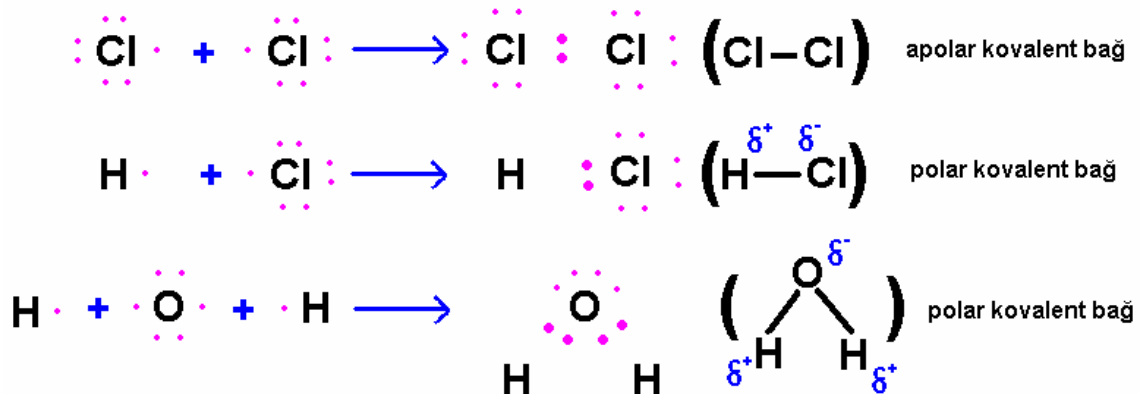


Bazı öğrenciler tüm kovalent bağlarda bağ elektronlarının her iki atoma eşit uzaklıkta olduklarını düşünmektedir. Onlara göre, bağ yapan elektronlar iki atom tarafından paylaşıldığı için bir eşitlik söz konusudur ve bu nedenle her zaman bağ yapan atomların her ikisine de eşit uzaklıkta, yani onların tam ortasında yer alırlar.

Öğrencilerin sahip oldukları bu fikir doğru değildir. Her ne kadar kovalent bağlarda elektronların ortak kullanılması veya paylaşılması söz konusuysa da, bu paylaşım her zaman eşit olmayabilir. Kovalent bağlar elektronegatiflikleri birbirine yakın atomlar arasında oluşur. Ancak atomların elektronegatiflikleri her zaman birbirine eşit olmayabilir. Bu durumda, elektronegatifliği fazla olan atom bağ elektronlarını kendine daha fazla çeker ve bu yüzden bağ elektronları elektronegatif atoma daha yakın olur. Bu nedenle iki tür kovalent bağ vardır. Aynı cins atomlar arasında gerçekleşen kovalent bağa apolar (kutupsuz) kovalent bağ, farklı cins atomlar arasında gerçekleşen kovalent bağa polar (kutuplu) kovalent bağ denir.

H₂, Cl₂, O₂, N₂, I₂ gibi moleküllerde atomlar arasında apolar (kutupsuz) kovalent bağ vardır. Çünkü bu moleküller aynı cins atomların bağ yapması sonucu oluşmuştur. Bu bağlarda, bağ elektronları her iki atom tarafından eşit çekilir ve her iki atoma eşit uzaklıktadır.

Ancak HCl, H₂O, HF, CH₄, NH₃ gibi moleküllerin atomları arasında ise polar (kutuplu) kovalent bağ vardır. Çünkü farklı cins atomlar birbiriyle bağ yapmaktadır. Bu bağlarda ise, bağ elektronları elektronegatifliği daha fazla olan atoma daha yakındır.

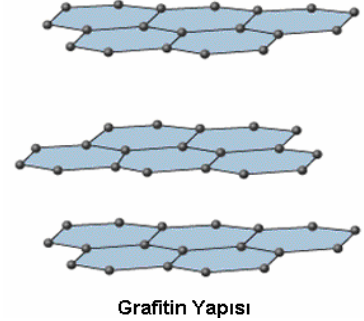


TÜM KOVALENT BAĞLI BİLEŞİKLER MOLEKÜLER YAPIDA MIDIR?

Bazı öğrenciler kovalent bağ bulunan tüm bileşiklerin sadece moleküler yapıda olduğunu düşünmektedir.

İyonik bileşiklerde (+) ve (-) yüklü iyonlar arasındaki bağın, elektriksel bir çekim olduğunu öğrenmiştik. Bu nedenle bir iyonun yalnızca bir iyonla değil, etrafındaki diğer iyonlarla da arasında bir çekim kuvvetinin olduğunu biliyoruz. İyonik katıların tamamında benzer yapı söz konusudur. Ancak kovalent yapıli bileşiklerin tamamında olmasa da, karbon içeren bazı bileşiklerde de benzer bir örgü yapısı söz konusudur. Bu nedenle, kovalent bağlı bileşiklerin tümünde moleküler bir yapı olduğunu söylememiz doğru olmaz. Kovalent bağ örgülerine sahip bileşiklerden en bilinenleri; grafit ve elmadır.

Elmas; çok sert ve erime noktası çok yüksek olan bir katıdır. Erime noktasının yüksek olmasının sebebi, karbon atomlarının birbirine çok sağlam bağlarla bağlı olmasıdır. Elmasta bir karbon atomu (sp^3) 4 sigma bağı yapar. Grafitte ise karbon atomları arasında 3 sigma bağı ve bir tane pi (π) bağı vardır. Üç özdeş sigma bağı karbon atomlarının meydana getireceği ağ örgüsünün bir düzlemde kalmasını sağlar. Grafitte bu düzlemleri bir arada tutan zayıf van der Waals kuvvetleri vardır (bakınız sağ alttaki şekil). Van der Waals bağlarının zayıf olması nedeniyle, az bir etkiyle bu düzlemler birbiri üzerinde kayarlar ve grafit bu yüzden levhalar halinde koparılabilir.

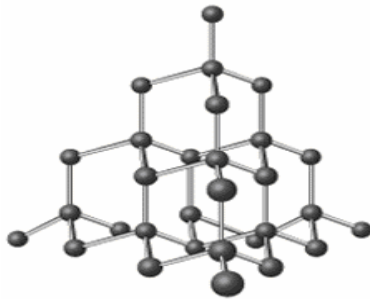


Elmas ve grafitin yapısından bahsedilmişken şöyle bir soru da akla gelmektedir: Acaba elmas elektriği iletirken, grafit neden elektriği iletmemektedir?

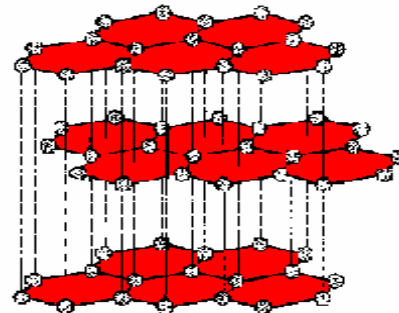
Bazı öğrenciler grafitin elektrik iletkenliğinin bağ yapmayan karbon atomları sayesinde olduğunu düşünmektedir. Bu öğrenciler büyük olasılıkla grafitteki karbon atomlarının üç bağ yaptığına ve normalde dört bağ yapması gerektiğini düşündükleri karbon atomlarından birinin boşta kaldığına inanıyor olabilirler. Bu öğrenciler ayrıca, boşta kalan bu serbest karbon atomu sayesinde grafitin elektriği iletteceğine inanıyor olabilirler. Ancak bu fikir doğru değildir. Elmasta olduğu gibi grafitte de tüm karbon atomları dört bağ yapar. Aradaki tek fark; elmasta bir karbonun yanındaki dört karbona, grafitte ise bir karbonun yanındaki üç karbona sigma bağıyla bağlı olmasıdır. Ancak grafitteki karbon atomları aynı zamanda farklı bir karbon atomuna da pi bağıyla bağlıdır ve toplamda yine dört bağ yaparlar. Yani, her iki yapıda da boşta kalan veya bağ yapmayan karbon atomu bulunmamaktadır.

Bazı öğrenciler grafitin elektrik iletkenliğinin birbiri üzerinde kayabilen karbon atomu tabakaları sayesinde olduğuna inanmaktadır. Bu fikir de doğru değildir. Grafit birbiri üzerinde kayabilen tabakalara sahiptir. Ancak onun bu özelliği sadece parçalanabilmesi açısından önemlidir, elektrik iletkenliğini etkilemez.

Grafitin elektrik iletkenliğinin nedeni pi bağlarındaki elektronlardır. Grafitte bir karbon atomunun yaptığı üç sigma bağında elektronlar güçlü bir şekilde bir arada tutulurken, diğer bağ elektronları zayıf bir bağ olan pi bağı ile bir arada tutulmaktadırlar. Bu nedenle pi bağı yapan elektronlar daha oynaktırlar ve bu elektronlar grafitin elektrik iletmesini sağlarlar.

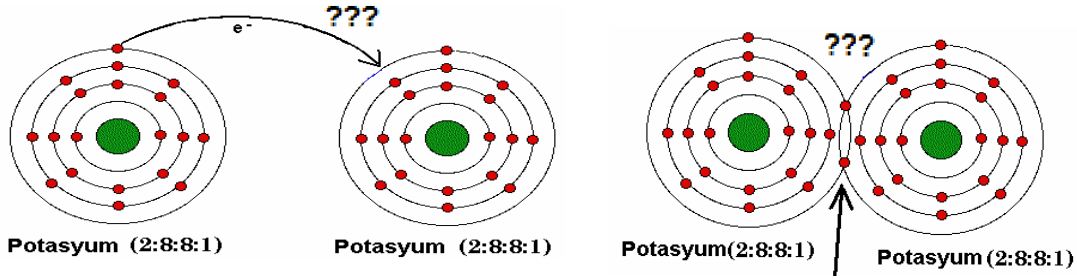


Elmanın yapısı



Grafitte pi (π) bağları

METALİK BAĞ HANGİ ATOMLAR ARASINDA VE NASIL OLUŞUR?



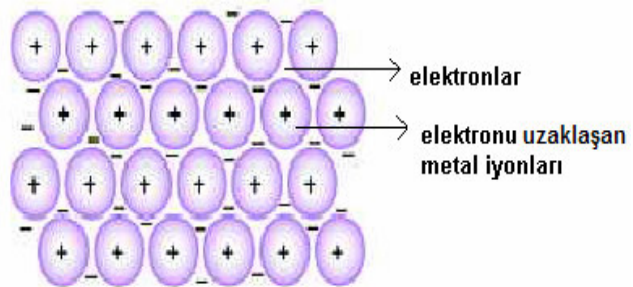
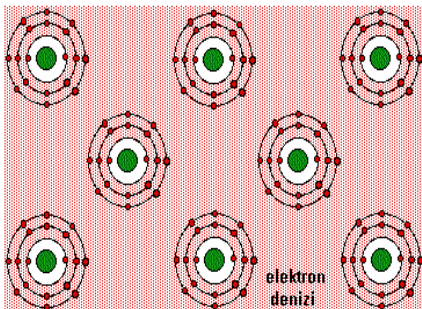
Bazı öğrenciler metalik bağın metal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleştiğini düşünmektedirler.

Bazı öğrenciler ise metalik bağın metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini düşünmektedirler.

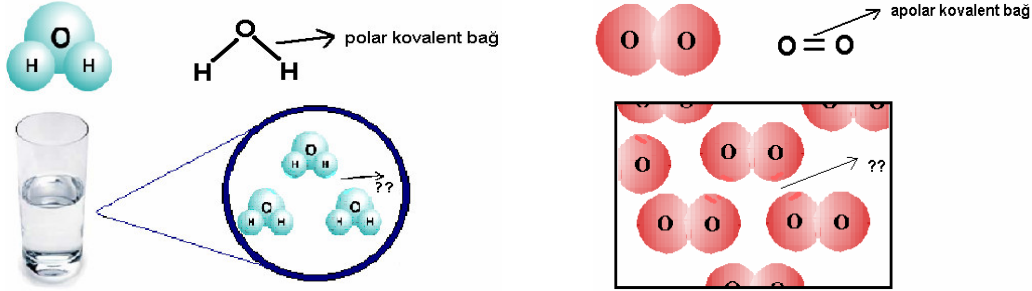
Metalik bağın metal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleştiği fikri doğru değildir. Metal atomları arasında elektron alışverişi olamaz, çünkü yan yana bulunan metal atomlarının hepsi de elektron vermeye daha yatkındır. Oysa iyonik bağ, elektron alışverişi şeklinde gerçekleşir. Yani, iyonik bağın gerçekleşebilmesi için elektrona ihtiyacı olan bir ametal atomu ile elektron vermeye yatkın olan bir metal atomunun bir araya gelmesi gerekir. Bu nedenle son kabuklarında oynak elektronlara sahip olan ve genellikle elektron vermeye eğilimli olan metal atomları arasında bir elektron alışverişinin olması mümkün değildir.

Benzer şekilde metalik bağın elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiği fikri de yanlıştır. Metal atomları arasında elektron ortaklaşması olamaz, çünkü yan yana bulunan metal atomlarının hepsi de elektron almaya değil, vermeye daha yatkındır. Oysa elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşen bağ kovalent bağdır. Bu bağ türü, etraflarında kendilerine elektron verebilecek bir atom olmayan ve soygaz düzenine benzemek için elektrona ihtiyaç duyan ametal atomları arasında gerçekleşir. Bu nedenle, son kabuklarında elektron eksikliği değil, elektron fazlası olan metal atomlarının yanındakilerle elektronlarını ortak kullanması düşünülemez.

Metal atomları arasında oluşan bağ, iyonik ya da kovalent bağdan farklıdır ve bu bağın adı; metalik bağdır. Metalik bağ, genellikle elektron vermek isteyen ve son yörüngesinde oynak elektronları bulunan metal atomları arasında gerçekleşir. Metal atomlarının oynak elektronlara sahip olmasının nedeni; çok düşük iyonlaşma enerjilerine sahip olmaları ve boş değerlik orbitallerinin bulunmasıdır. Metallerde değerlik elektronları çok zayıf bir kuvvetle çekildiğinden, bu elektronlar boş değerlik orbitallerinde serbestçe hareket ederler. Başka bir ifadeyle, metal atomlarının değerlik elektronları hem kendilerinin hem de yan yana oldukları diğer komşu atomların boş değerlik orbitallerinde dolanmaktadır. Bu durum bir elektron denizinde yüzen atomlar gibi düşünülebilir. Böylece, metal atomları komşu atomların elektronları da çekimleri etkisine alırlar. Değerlik elektronu kendisinden geçici olarak uzaklaşan atomun geri kalan kısmı pozitif yüklü olarak düşünülürse, yan yana bulunan tüm metal atomlarının değerlik elektronlarının oluşturduğu negatif yüklü elektron denizi ile içerisindeki pozitif yüklü kısım (atomun kalan kısmı) arasındaki çekime **metalik bağ** denir.



MOLEKÜLLER ARASINDA HERHANGİ BİR ÇEKİM KUVVETİ VEYA BAĞ VAR MIDIR?



Bazı öğrenciler, moleküller arasında herhangi bir kuvvetin ya da etkileşimin olmadığını düşünmektedir.

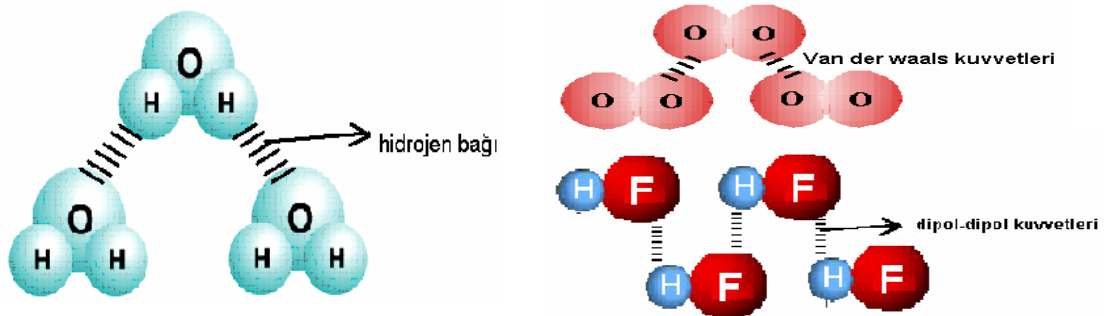
Bazı öğrenciler ise, molekül içinde olduğu gibi moleküller arasında da kimyasal bağların olduğunu düşünmektedirler.

Moleküller arasında herhangi bir çekim kuvvetinin ya da etkileşimin olmadığı fikri doğru değildir. Atomları bir arada tutan kimyasal bağlar olduğu gibi, moleküllerin de bir arada durmasını sağlayan çekim kuvvetleri bulunmaktadır. Eğer böyle olmasaydı, örneğin; musluğu açtığımızda su doğrusal bir yol izleyerek, bir bütün şeklinde lavaboya akmaz ve tüm su molekülleri dağılarak etrafa saçılırdı.

Ancak her ne kadar moleküller arasında bir etkileşim (çekim kuvveti) var olsa da, bu etkileşim bir kimyasal bağ değildir. Başka bir ifadeyle moleküller arasındaki çekim kuvvetleri iyonik ve kovalent bağlardan farklıdır. Elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması yaparak soygaz düzenine ulaşan ve kararlı bir molekül oluşturan atomların tekrar birbiriyle bağ yapması söz konusu olamaz. Örneğin; hidrojen ve oksijenin elektronlarını ortaklaşa kullanarak oluşturdukları bir H_2O molekülünde artık her iki atom da (H ve O) kararlı olan soygaz düzenine ulaşmıştır. Bu nedenle, bir H_2O molekülünün hidrojeni veya oksijeni, yanındaki komşu H_2O molekülünün hidrojeni veya oksijeni ile bağ yapmaz.

Molekülleri bir arada tutan kuvvetler iyonik ve kovalent bağlar gibi molekül içi (atomlar arası) kimyasal bağ türlerinden farklıdır. MOLEKÜLLER ARASI KUVVETLER, BİR MOLEKÜLÜN ETRAFINDAKİ DİĞER MOLEKÜLLERLE ARASINDA OLUŞAN ELEKTRİKSEL ÇEKİMLERDİR. Molekül içerisindeki elektron dağılımının asimetrik olması durumlarında, molekülün tamamındaki bu yük dengesizliği moleküller arasında bir çekim kuvvetine sebep olur. Moleküllerdeki bu elektron dengesizliğinin (yük dağılımındaki düzensizliğin) sürekli olup olmamasına göre moleküller arası kuvvetler farklılık gösterir. Van der Waals kuvvetleri, dipol-dipol kuvvetleri ve hidrojen bağı olmak üzere üç tür moleküller arası kuvvet vardır.

Ayrıca moleküller arası kuvvetler yapısını oluşturdukları maddenin erime ve kaynama noktasını belirlerler. Eğer bir maddenin molekülleri arasındaki kuvvetler güçlü ise; moleküllerin birbirinden ayrılması güçtür. Bu nedenle de erime ve kaynama noktaları yüksektir. Ters şekilde, eğer bir maddenin molekülleri arasındaki kuvvetler zayıf ise; moleküllerin birbirinden ayrılması kolaydır. Bu tür maddelerin ise erime ve kaynama noktaları düşüktür. Kısacası BİR MADDENİN KAYNAMA NOKTASI ya da ERİME NOKTASI bazı öğrencilerin düşündüğü gibi molekül içindeki bağlara değil, MOLEKÜLLERİ ARASINDAKİ KUVVETLERE BAĞLIDIR. Aşağıda bazı moleküller ve bu moleküller arasındaki çekim kuvvetleri gösterilmektedir.



VAN DER WAALS KUVVETLERİ NE TÜR YAPILAR ARASINDA MEYDANA GELİR?

Bazı öğrenciler Van der Waals kuvvetlerinin; H_2 , O_2 , Cl_2 , F_2 gibi apolar moleküllerde, atomlar arasında meydana gelen bir kimyasal bağ olduğunu düşünmektedirler. Başka bir ifadeyle, Van der Waals kuvvetlerinin ametal atomları arasında meydana gelen bir bağ olduğuna inanmaktadırlar.

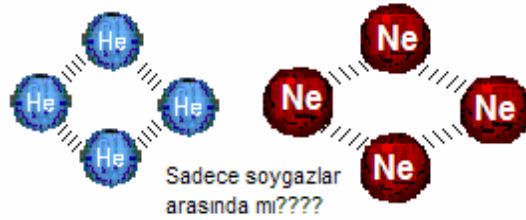
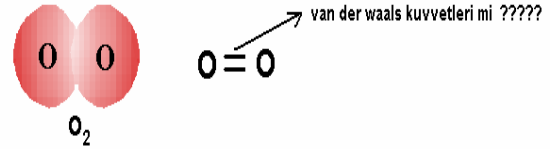
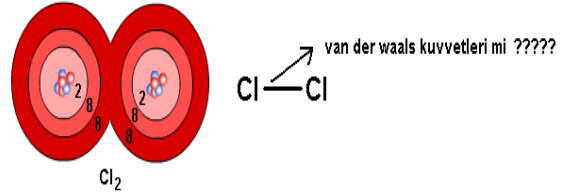
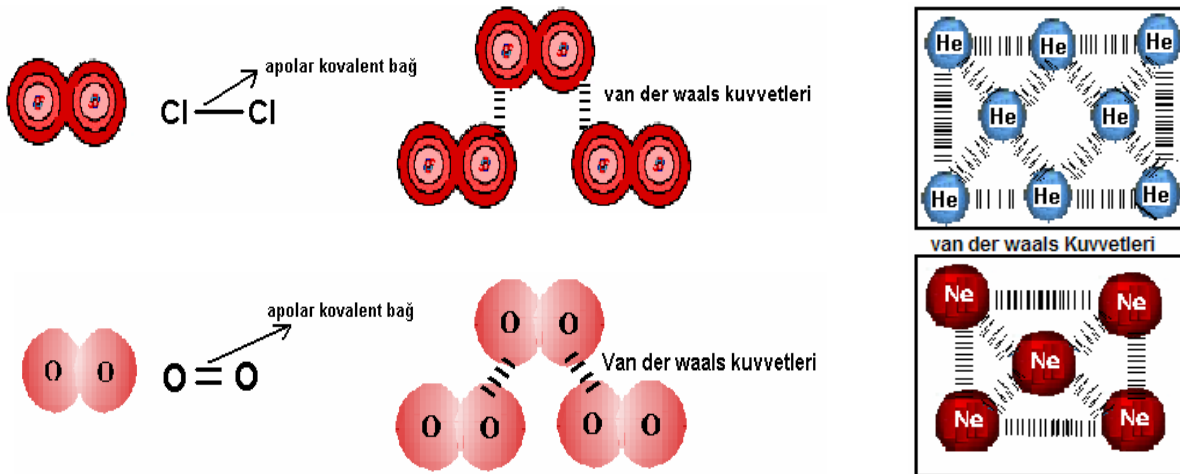
Bazı öğrenciler Van der Waals kuvvetlerinin ametal atomları arasında gerçekleşen bir bağ olduğunu ve bu nedenle kovalent bağın bir türü olduğunu düşünmektedirler.

Bazı öğrencilere göre, van der Waals kuvvetleri sadece soygaz atomları arasında gerçekleşmektedir.

Bu fikirlerden ilk iki tanesi yanlış, sonuncusu da eksiktir. Van der Waals kuvvetleri kimyasal bağ değildir. Onlar sadece moleküller arası kuvvetlerdir. H_2 , O_2 , Cl_2 , F_2 gibi apolar moleküllerde atomları bir arada tutan bağlar (H-H; O-O; Cl-Cl; F-F), van der waals kuvvetleri değil, apolar kovalent bağlardır. Buna karşılık H_2 , O_2 , Cl_2 , F_2 gibi apolar molekülleri bir arada tutan kuvvetler ise van der Waals kuvvetleridir.

Van der Waals kuvvetleri molekül içi bağlardan olmadıkları için iyonik, kovalent ya da metalik bağa benzemezler, onların benzeri veya bir çeşidi (türü) değildir. Van der Waals kuvvetleri molekülleri bir arada tutan moleküller arası kuvvetlerin bir türüdür.

Van der Waals kuvvetleri; H_2 , O_2 , Cl_2 , F_2 gibi apolar molekülleri ve soy gaz atomlarını bir arada tutan kuvvetlerdir. Bazı öğrencilerin düşündükleri gibi sadece soygaz atomları arasında ya da sadece apolar moleküller arasında değil, her ikisinde de van der waals kuvvetleri bulunmaktadır.



VAN DER WAALS KUVVETLERİ NASIL MEYDANA GELİR?

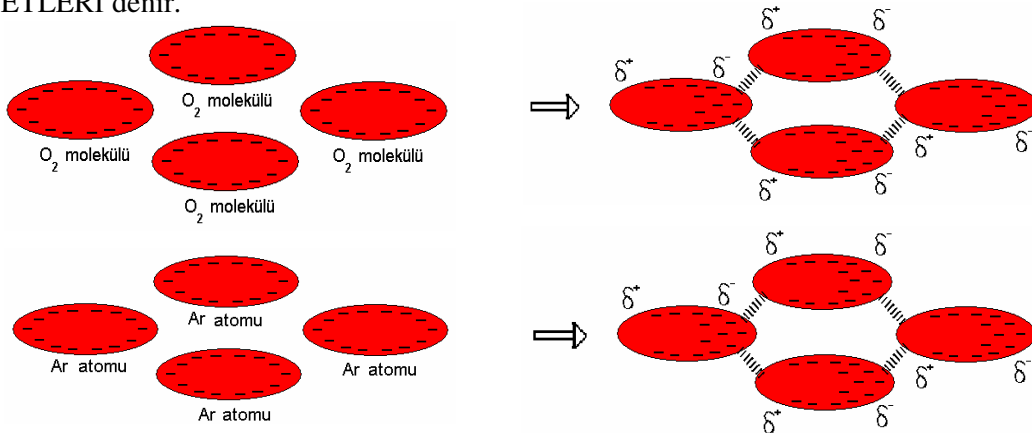
Bazı öğrenciler Van der Waals kuvvetlerinin polar (kutuplu) moleküller arasında gerçekleştiğini ve polar moleküllerin kısmen pozitif ve negatif uçlarının birbirini çekmesi şeklinde oluştuğunu düşünmektedirler.

Bazı öğrenciler ise Van der Waals kuvvetlerinin kovalent bağın bir türü olduğunu ve ametal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini düşünmektedirler.

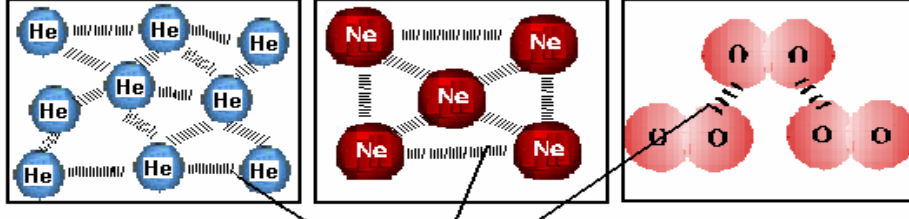
Van der Waals kuvvetlerinin polar (kutuplu) moleküller arasında gerçekleştiği ve polar moleküllerin kısmen pozitif ve negatif uçlarının birbirini çekmesi şeklinde oluştuğu fikri doğru değildir. Van der Waals kuvvetlerinin hangi moleküller arasında gerçekleştiğinden bahsederken de ifade edildiği gibi, bu kuvvetler apolar moleküller arasında ve soygaz atomları arasında var olan kuvvetlerdir. Van der Waals kuvvetlerinin arasında oluştuğu apolar moleküllerin ve soygaz atomlarının ortak özelliği; hem apolar moleküllerde hem de soygaz atomlarında elektron dağılımının düzgün (simetrik) olmasıdır. Yani, apolar moleküllerde ve soygaz atomlarında normal şartlarda elektronlar toplam hacim içerisinde simetrik dağılmışlardır. Bu nedenle apolar moleküllerde ve soygaz atomlarında bir kutupluluk söz konusu değildir. Halbuki, konunun ilerleyen kısımlarında daha ayrıntılı işleneceği gibi, kutuplu yapıların, yani kutuplu (polar) moleküllerin arasında var olan çekim kuvveti Van der Waals kuvvetlerinden farklıdır. Yapısında zaten bir kutupluluk söz konusu olan ve kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlara sahip polar moleküller arasında, zıt yüklü bu kutuplanmadan dolayı bir çekim kuvveti oluşur ki, bu kuvvete dipol-dipol kuvvetleri adı verilir. Polar moleküller arasında Van der Waals kuvvetlerinin olması gerektiğini düşünen öğrenciler büyük olasılıkla, her iki moleküller arası bağ türü için öğrendikleri bilgileri karıştırmaktadır.

Van der Waals kuvvetlerinin kovalent bağın bir türü olduğu ve ametal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiği fikri de doğru değildir. Daha önceki bölümlerde de birkaç kez ifade edildiği gibi, ametal atomları arasında oluşan bağ; kovalent bağdır ve bu bağ türü atomlar arasında gerçekleşen (molekül içi) bir bağ türüdür. Van der Waals kuvveti ise bir kimyasal bağ değil, moleküller arası bir kuvvettir. Van der Waals kuvvetleri, bir bütün olarak molekülün kendisiyle ilişkilidir. Bir molekülün içerisindeki herhangi bir atomun, komşu moleküllerden birinin içindeki atomla elektron ortaklaşması veya elektron alışverişi yapması söz konusu olamaz. Çünkü o molekül oluşurken, içerisindeki atomlar zaten elektron alışverişi veya elektron alışverişiyle soygaz düzenine ulaşmışlardır. Bu nedenle moleküller arasında elektron paylaşımından veya elektron alışverişinden bahsedilemez.

H₂, O₂, Cl₂, F₂ gibi apolar moleküllerde ve soy gaz atomlarında elektron dağılımı simetrikdir. Ancak, çok düşük sıcaklık ya da yüksek basınçta, başka bir ifadeyle; birbirlerine çok yaklaştıklarında, soygaz atomlarının veya apolar moleküllerin bu simetrisi anlık olarak bozulabilir. Bu durumda; atom ya da molekülün elektronca yoğun olan tarafı kısmen negatif, diğer bölümü ise kısmen pozitif hale gelir. Bu durumda atom yada molekül geçici bir polarlık (kutupluluk) kazanır. Atom yada moleküllerden birinde gerçekleşen bu durum, komşu atom ya da molekülleri de etkiler ve onların da simetrisi bozulur. Böylece atom ya da moleküllerden birinin kısmi pozitif tarafı ile komşu atom ya da moleküllerin kısmen negatif tarafları arasında bir çekim oluşur. İşte, apolar (kutuplu) moleküller ve soygazların simetrisinde anlık bozulma sonucu oluşan bu kuvvetlere VAN DER WAALS KUVVETLERİ denir.



VAN DER WAALS BAĞLARININ KUVVETİ NELERE BAĞLIDIR?



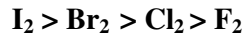
Bu kuvvetler birbirine eşit midir?

Bazı öğrenciler Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğünün molekülün büyüklüğüne bağlı olduğunu ancak molekülün şekline bağlı olmadığını düşünmektedirler.

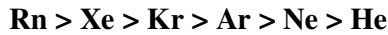
Bu fikir doğru değildir. Van der Waals kuvvetlerinin diğer adı da; sürtünme yüzeyi kuvvetleridir. Yani moleküllerin sürtünme yüzeyi ne kadar büyükse, moleküller arasındaki Van der Waals kuvvetleri de o kadar güçlüdür. Molekülün büyüklüğü sürtünme yüzeyini etkileyen faktörlerden biridir. Ancak, molekülün büyüklüğünün yanı sıra molekülün şekli de sürtünme yüzeyini ve dolayısıyla moleküller arasındaki Van der Waals kuvvetlerinin gücünü etkiler. Dallanmamış yapıya sahip moleküllerin birbirlerine temas (sürtünme) yüzeyleri, daha karmaşık ve dallanmış yapıya sahip moleküllerin birbirlerine temas (sürtünme) yüzeylerinden daha azdır. Buna göre, aynı kapalı formüle sahip iki molekül düşünelim. Bunlardan biri dallanmamış bir yapıya sahipken, diğeri dallanmış bir yapıya sahip olsun. Bu iki molekülün iki farklı kaptadığını ve etrafında aynı cins moleküllerin olduğunu düşünürsek, dallanmış yapıya sahip moleküllerin kendi aralarında birbirine çarpma olasılıkları ve birbirlerine temas eden (sürtünme) yüzeyleri diğer kaptaki moleküllere göre daha fazla olacaktır. Buna bağlı olarak, kapalı formülleri aynı olmasına rağmen dallanmış yapıya sahip moleküllerin aralarındaki Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğü de daha fazla olacaktır. Bu nedenle, Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğü; sadece moleküldeki elektron sayısına ve dolayısıyla moleküllerin büyüklüğüne değil, aynı zamanda moleküllerin şekillerine de bağlıdır.

Elektron sayısı ve temas yüzeyi büyük olan moleküllerde Van der Waals kuvvetleri daha büyüktür. Örneğin; aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru elektron sayısı ve atom çapı artacağından Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğü de artar. Neon atomları arasındaki Van der Waals kuvvetleri, helyum atomları arasındaki Van der Waals kuvvetlerinden daha büyüktür. Benzer şekilde Br_2 molekülleri arasındaki Van der Waals kuvvetleri, F_2 molekülleri arasındaki Van der Waals kuvvetlerinden daha büyüktür. Van der Waals kuvvetlerindeki artış erime ve kaynama noktalarının da artmasına neden olur. Örneğin I_2 'nin erime ve kaynama noktası Cl_2 'den yüksektir.

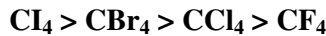
7A grubu atomlarının oluşturdukları moleküller arasındaki Van der Waals kuvvetleri büyüklüklerine göre:



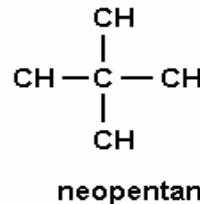
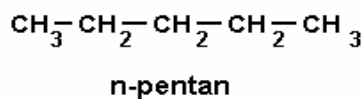
Soygaz atomları arasındaki Van der Waals kuvvetleri büyüklüklerine göre:



Bazı moleküller arasındaki Van der Waals kuvvetleri büyüklüklerine göre:



Yukarıda da ifade edildiği gibi, molekülün şekli de Van der Waals kuvvetlerinin büyüklüğünü etkiler. Örneğin kapalı formülleri aynı olan pentan moleküllerinden (n-pentan ve neopentan), temas yüzeyi daha fazla olan n-pentanın k.n. si (36°C) neopentanın k.n. sinden ($9,5^\circ\text{C}$) daha büyüktür.

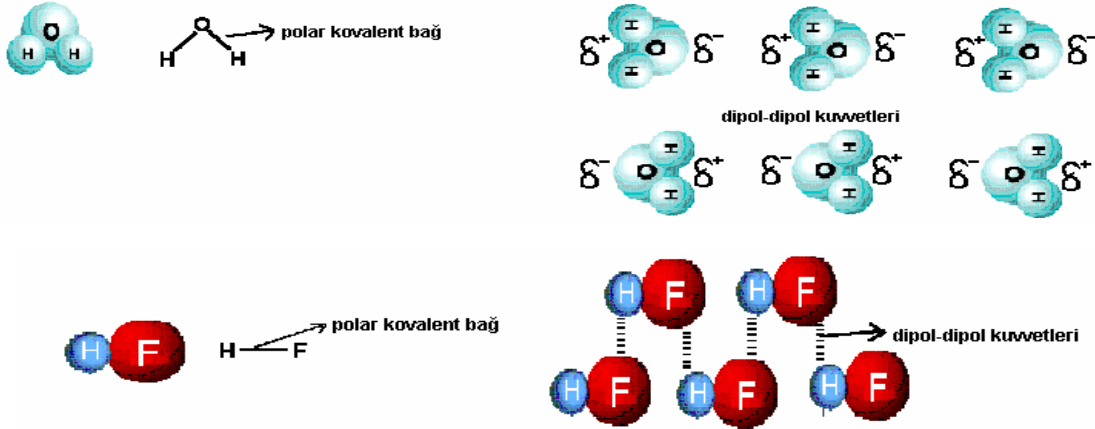


DİPOL-DİPOL KUVVETLERİ HANGİ MOLEKÜLLER ARASINDA NASIL MEYDANA GELİR?

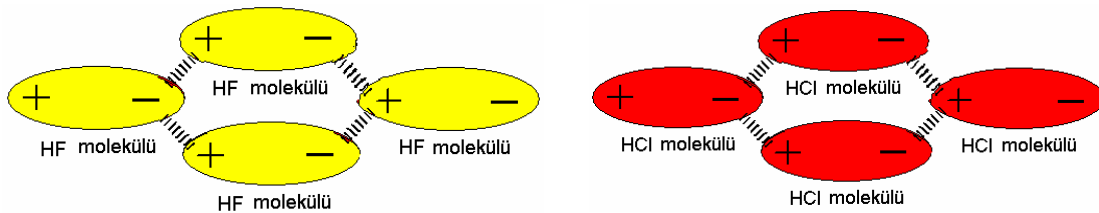
Bazı öğrenciler dipol-dipol kuvvetlerinin He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soygaz atomları arasında gerçekleştiğini düşünmektedirler. Onlara göre dipol – dipol kuvvetleri, soygaz atomlarının simetrik elektron dağılımlarının bir anlık bozulması sonucunda oluşmaktadır.

Öğrencilerin sahip oldukları bu fikir doğru değildir. He, Ar, Ne gibi simetrik elektron dağılımına sahip soygaz atomlarının simetrisinin bir anlık bozulması durumunda oluşan kutupluluğun etraflarındaki atomları da etkilemesi sonucu oluşan çekime Van der Walls çekim kuvvetleri denir. Adından da anlaşılacağı gibi dipol–dipol kuvvetleri simetrik elektron dağılımına sahip kutupsuz (apolar) moleküller ya da soygaz atomları arasında değil, H₂O, NH₃, HF gibi iki kutuplu (polar) moleküller arasında görülen etkileşimlerdir.

Bu öğrenciler muhtemelen Van der Walls kuvvetleri ile dipol-dipol kuvvetlerini karıştırmışlardır. Kutuplu (polar) moleküllerde kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlar bulunur. Birbirine komşu kutuplu (polar) moleküllerin kısmen pozitif ve kısmen negatif uçlarının birbirini çekmesi sonucu bu moleküller bir arada dururlar. Polar (kutuplu) moleküllerin kısmen negatif ve kısmen pozitif uçları arasındaki bu çekim kuvvetlerine dipol-dipol kuvvetleri adı verilir.

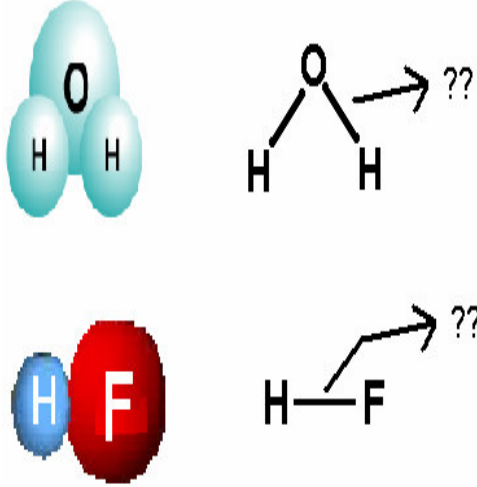


Ayrıca bazı öğrenciler dipol-dipol kuvvetlerinin Van der Walls kuvvetlerinden daha zayıf olduğunu düşünmektedirler. Bu fikir de doğru değildir. Dipol dipol kuvvetleri Van der Walls kuvvetlerinden daha güçlüdür. Van der Walls kuvvetleri; simetrik elektron dağılımına sahip apolar moleküller ve soygaz atomları arasında bir anlık simetri bozulması sonucu oluşan zayıf kuvvetlerdir. Halbuki dipol-dipol kuvvetleri; zaten kutuplu (polar) olan moleküllerin kısmen pozitif ve kısmen pozitif uçları arasındaki çekim kuvvetidir. Kısacası, dipol-dipol kuvvetleri Van der Walls kuvvetlerinden daha güçlüdür. Örneğin; apolar moleküller olan N₂ ve O₂'nin kaynama noktaları sırasıyla -196 °C ve -183 °C olduğu halde, polar bir molekül olan NO daha yüksek bir sıcaklıkta (-151 °C) kaynar.



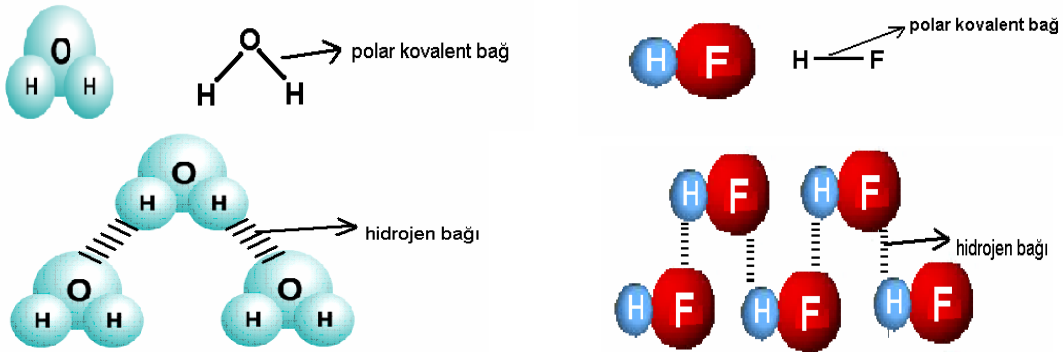
HİDROJEN BAĞI MOLEKÜL İÇİ BİR BAĞ MIDIR?

Bazı öğrenciler, hidrojen bağı atomlar arasında meydana gelen molekül içi bir bağ olarak düşünmektedir. Böyle düşünen öğrencilere göre; su molekülünde H ve O atomlarını bir arada tutan bağ hidrojen bağıdır. Benzer şekilde, içinde H atomunun olduğu tüm moleküllerde hidrojen bağı olduğunu düşünmektedirler.



Bu öğrenciler yapısında hidrojen atomunun olmasından dolayı tüm hidrojenli moleküllerde atomları bir arada tutan bağın hidrojen bağı olduğunu düşünmektedirler. Ayrıca adında “bağ” kelimesinin geçmesi de onların hidrojen bağı molekül içi bir bağ olarak düşünmelerine neden olmaktadır. Ancak bu fikirler doğru değildir. İsminde “bağ” kelimesinin geçmesine rağmen, hidrojen bağı molekül içi bir bağ değildir. Hidrojen bağı; atomları değil, molekülleri bir arada tutar. Yani hidrojen bağı bir kimyasal bağ değil, moleküller arası bir kuvvettir.

Öğrencilerin sahip oldukları bir diğer yanlış anlama da hidrojen bağı kovalent bağın bir türü olduğunu düşünmeleridir. Örneğin, bazı öğrenciler ikisi de ametal olan H ve O atomları arasında elektron ortaklaşması olduğunu bilmektedir. Ancak bu öğrenciler bir de “H atomunun olduğu bağlar hidrojen bağıdır” diye yanılıya da sahipseler, bu durumda hidrojen bağı kovalent bağın bir türü olduğunu düşünebilirler. Ancak biliyoruz ki; hidrojen bağı atomlar arası değil, moleküller arası bir kuvvettir. Ne tek başına bir bağ türüdür, ne de kovalent bağın bir türüdür. Hidrojen bağı sadece moleküller arası bir kuvvettir. Aralarında hidrojen bağı bulunan bazı moleküller aşağıda verilmiştir.



Örneklerden de anlaşılacağı üzere, suda (H_2O) ve HF’de atomlar arasındaki bağ kovalent bağdır. Ancak, bu molekülleri bir arada tutan kuvvetler ise hidrojen bağlarıdır.

HİDROJEN BAĞI NE KADAR GÜÇLÜ?

Bazı öğrenciler hidrojen bağının iyonik, kovalent ve metalik bağdan daha güçlü olduğunu düşünmektedirler.

Ancak bu fikir doğru değildir. İyonik ve kovalent bağ, birer kimyasal bağdır ve atomlar arasında gerçekleşir. Hidrojen bağı ise bir kimyasal bağ değildir. Hidrojen bağları sadece moleküller arası kuvvetlerdir. Bu nedenle iyonik, kovalent ve metalik bağ kadar güçlü değildir. Ancak hidrojen bağları moleküller arası kuvvetler içerisinde en güçlüsüdür. Yani hidrojen bağı, dipol-dipol kuvvetlerinden ve Van der Waals kuvvetlerinden daha güçlüdür.

Eğer güçlerine göre sıralarsak, molekül içi bağlar ve moleküller arası kuvvetler arasındaki sıralama yandaki gibi verilebilir. Bu sıralama bazı istisnalar dışında çoğu zaman doğrudur. Görüldüğü gibi atomlar arasında gerçekleşen bağlar, moleküller arası kuvvetlere göre çok daha güçlüdür. İyonik bağ en güçlü kimyasal bağdır. Bu nedenle iyonik bileşikler genellikle katıdır. Kovalent ve metalik bağ daha sonra gelmektedir.

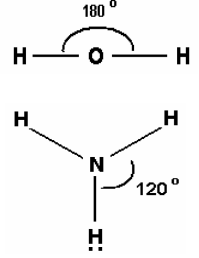


Moleküller arası kuvvetler atomları bir arada tutan bağlar kadar kuvvetli değildir. Moleküller arası kuvvetlerden en güçlü olanı hidrojen bağıdır. Çünkü hidrojen bağı elektronegatiflikleri yüksek olan azot (N), oksijen (O), flor (F), klor (Cl) gibi atomlar ile hidrojen atomunun oluşturduğu moleküller arasında gerçekleşen bağdır. Bu tür moleküllerde molekülün hidrojen tarafı kısmen pozitif, diğer tarafı kısmen negatiftir. Moleküllerden birinin hidrojen tarafı (kısmen pozitif tarafı), komşu molekülün kısmen negatif tarafını (azot, oksijen, flor, klor vb.) çeker. Bu şekilde tüm moleküller arasında zincirleme bir çekim kuvveti oluşur.

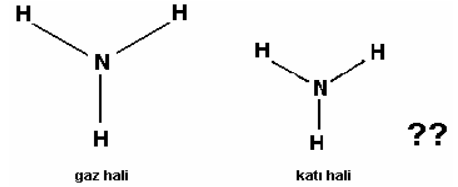
Aslında dipol-dipol kuvvetlerinde de benzer durum söz konusudur. Kutuplu (polar) moleküllerin kısmen negatif tarafı ile komşu molekülün kısmen pozitif tarafı arasındaki çekim kuvveti; dipol-dipol kuvvetleridir. Ancak hangi atom olursa olsun elektronegatifliği hidrojen atomundan daha fazla olacaktır. Bu nedenle moleküldeki elektronegatiflik farkı daha az olacaktır. Moleküller arasındaki çekim, elektriksel bir çekim olduğundan, çekimin gücü yük durumuna bağlıdır. Bu nedenle elektronegatifliği en az olan hidrojenle, komşu atomun elektronegatifliği en fazla olan F,O,N,Cl gibi atomları arasındaki elektriksel çekim moleküller arası kuvvetlerin en güçlüsü olacaktır. Van der Waals kuvvetleri ise, apolar (kutupsuz) moleküllerde yük dağılımındaki anlık dengesizlik sonucu olduğundan, en zayıf moleküller arası kuvvetlerdir. Yani, moleküller arası kuvvetlerden en zayıf olanı Van der Waals kuvvetleridir.

MOLEKÜL ŞEKLİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER NELERDİR?

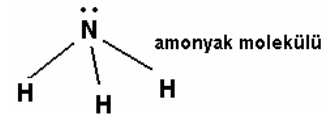
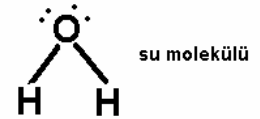
Bazı öğrenciler, bir molekülün şeklini bağ yapan atom sayısının veya merkez atomunun yaptığı bağ sayısının belirlediğini düşünmektedir. Onlara göre örneğin; su molekülünde iki hidrojen bir oksijenle birleştiğine göre yandaki şekildeki gibi olmalıdır. Çünkü iki atom birbirinden en uzakta yerleşir. Yine bu düşünceye göre örneğin; NH_3 molekülünde üç bağ olduğuna göre, molekülün şekli düzlem üçgen olmalıdır.



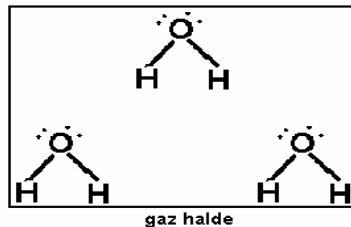
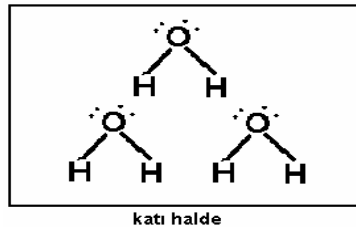
Ayrıca bazı öğrenciler; bir molekülün şeklinin ve içindeki bağların uzunluğunun sıcaklık, basınç, hal değişimi gibi fiziksel faktörlerden etkilendiğini düşünmektedirler. Bazı öğrenciler içinde bulunduğu kabın bile molekül şeklini etkileyeceğine inanmaktadırlar. Onlara göre, bir madde katı halde ise, o maddeyi oluşturan moleküller içerisindeki atomlar birbirine çok yakın, madde gaz halinde ise o maddeyi oluşturan moleküllerdeki atomlar arası uzaklık en fazladır. Dolayısıyla onlara göre, madde katı haldeyken onu oluşturan moleküllerdeki atomlar arasındaki bağ kısa, madde gaz halinde iken onu oluşturan moleküllerdeki atomlar arasındaki bağ daha uzundur.



Bir molekülün şeklini sadece bağ yapan atom sayısının veya merkez atomunun yaptığı bağ sayısının belirlediği fikri doğru değildir. Her zaman üç atomlu bir molekül doğrusal, dört atomlu bir molekül düzlem üçgen şeklinde değildir. Yada, her zaman merkez atomuna iki atomun bağlı olduğu bir molekül doğrusal, merkez atomuna üç atomun bağlı olduğu bir molekül düzlem üçgen şeklindedir demek doğru olmaz. Merkez atomu üzerindeki bağ yapmayan elektronlar da molekül şeklini etkiler. Örneğin; su molekülünde oksijen atomu üzerinde bulunan bağ yapmayan elektron çiftleri bağ yapan elektronları iteceğinden molekülün şekli doğrusal değil, açısız olacaktır. Benzer şekilde, dört atomlu bir molekül olan NH_3 molekülünde, azot atomu üzerindeki bağ yapmayan elektron çifti bağ yapan elektronların konumunu etkilediğinden dolayı, amonyak molekülü üçgen düzlem şeklinde değil, üçgen piramit şeklindedir.



Ayrıca, bir molekülün şeklinin sıcaklık, basınç, hal değişimi gibi fiziksel faktörlerden etkilendiği fikri de doğru değildir. Çünkü; sıcaklık, basınç ve hal değişimi sırasında molekülün içi etkilenmez, sadece moleküller arasındaki uzaklıklar değişir. “Katı halde atomlar birbirine çok yakınken, gaz halde atomlar arası uzaklık en fazladır” ifadesi bir molekülün içindeki atomlar arası uzaklığı değil, moleküller arasındaki uzaklığı açıklarken geçerlidir. Sıcaklık ve basınç gibi fiziksel değişimler molekül yapısını etkilemez.



Dersin Adı: Kimya

Sınıf : Lise 1

Ünitenin Adı: Maddenin Yapısı

Konu: Atomları Bir Arada Tutan Kuvvetler, Oktet Kuralı, Atomlar ve Moleküller Arası Kuvvetlerin Türleri

Önerilen Süre: 2 ders saati

Amaç: Kimyasal bağın yapısını, türlerini ve özelliklerini kavrayabilme

Öğrenci Kazanımları: Bu dersin sonunda öğrenciler;

- Atomların genellikle doğada tek başlarına bulunmadıklarını ve bir araya gelerek molekülleri oluşturduklarını fark eder
- Küresel simetriyi açıklar
- Atomları bir arada tutan kuvvetleri kimyasal bağ olarak tanımlar
- Oktet ve dublet kuralını açıklar
- Bağ oluşumu ve bağ kırılması sırasındaki enerji değişimlerini yorumlar
- Kimyasal bağlanma sonucu oluşan moleküllerin veya bileşiklerin kendilerini oluşturan atomlardan farklı özelliklere sahip olduklarını fark eder
- Kimyasal bağların molekül içindeki atomları bir arada tuttuğunu, buna karşılık moleküller arası kuvvetlerin ise molekülleri bir arada tutan kuvvetler olduğunu belirtir
- Metallerin elektron vermeye, ametallerin elektron almaya yatkın olduğunu fark eder
- İyonik bağın metal atomları ile ametal atomları arasında nasıl gerçekleştiğini açıklar

Ünite kavramları ve Sembolleri/Davranış Örüntüsü: Atom, molekül, kimyasal bağ, oktet ve dublet kuralı, ekzotermik ve endotermik değişimler, metal, ametal, iyonik bağ, elektron alışverişi, iyon.

Öğretme-Öğrenme Yöntem ve Teknikleri : Bilgisayar destekli öğretim, Kavramsal değişim metinleriyle öğretim, Tartışma ve Soru-cevap.

Kullanılan Eğitim Teknolojileri-Araç, Gereçler ve Kaynakça: Bilgisayar destekli öğretim materyali, Kavramsal değişim metinleri, Öğretmen Rehber Materyali.

İlişkili Kavram Yanılguları ve Olası Nedenleri:

Bağlanmanın Genel Yapısıyla İlgili Yanılgılar ve Olası Nedenleri

Yanılığ 1: Atomları bir arada tutan şey; onların bağ yapma istekleri, kararlı hale geçme istekleri, mutlu olma istekleri veya son kabuklarını tam doldurma istekleridir.

- *Bağlanmanın yapısını anlamamış olmaları.*
- *Atomları canlıymış gibi düşünerek, onların “istemek” gibi canlılara has özelliklere sahip olduklarını düşünmeleri.*
- *Öğretmenlerin bu tür ifadeleri derslerinde sıklıkla kullanmaları.*
- *Bağlanmanın yapısı hakkında detaylı bilgisi olmayan ve sınırlı bilgilere sahip olan öğrencinin, bağlanmanın yapısı için sınıfta sıklıkla kullandıkları, akıllarında kalan, onlar için olayı açıklamada yeterli ve mantıklı olan en basit açıklamaları tercih etmeleri.*
- *Öğretmenlerin; sıklıkla kullandıkları bu tür ifadelerin birer benzetme olduğunu, bazı kimyasal olayları öğrencilerin daha kolay anlaması için kullandıkları bu tür ifade ve benzetmelerin gerçeğini yansıtmayabileceğini vurgulamamaları. Kullandıkları bu tür ifade ve benzetmelerin asıl olaydan (benzetilen olaydan) farklı olan yönlerini vurgulamamaları.*

Yanılı 2: Atomlar oktet kuralına uymak (değerlik elektronlarını sekize tamamlamak) için bağ yaparlar

- *Bazı öğretmenlerin bilinçli olarak ve konu daha kolay anlaşılсын diye, bazı öğretmenlerin ise yanlış olduğunun farkında olmadan “atomlar değerlik elektronları sekize tamamlamak isterler”, “atomlar oktetini tamamlayıp kararlı olmak isterler” gibi ifadeleri derslerinde sıklıkla kullanmaları. Eğer öğretmen bu ifadenin doğru olmadığını biliyor ve konu kolay anlaşılсын diye yapıyorsa bunu öğrencilerine açıklamaması.*
- *Öğretmenlerin farkında olarak veya olmayarak kullandıkları bu ifadenin öğrenciler tarafından gerçekmiş gibi düşünülmesi, yani yanlış anlaşılması.*
- *“Atomların bağ yapma nedenleri” ile “atomların bağ yapmalarının sonuçları” arasındaki farkı bilmemeleri, atomların bağ yaptıklarında gerçekleşen olayları atomların bağ yapmalarındaki amaçlar olarak düşünmeleri.*
- *Mikroskobik boyutta bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini tam olarak zihninde canlandıramayan, bağlanmanın yapısı hakkında detaylı bilgisi olmayan ve sınırlı bilgilere sahip olan öğrencinin, bağlanmanın yapısı için sınıfta sıklıkla kullandıkları; onlar için olayı açıklamada yeterli ve mantıklı olan en basit açıklamaları tercih etmeleri.*
- *“Atomlar neden bağ yapar?” sorusunun cevabını ve bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini tam anlamamış olmaları. Eğer bunu anlamış olsalardı; atomların daha düşük enerjili hale geçmek ve daha kararlı bir yapıya sahip olmak için bağ yaptığını, bağlanma esnasında tüm kabuklarını tam doldurduklarını ve böylece oktet kuralına uyduklarını bilirlerdi.*

Yanılı 3: Normalde atomlar yüklü halde bulunurlar. Bağlanma (+) veya (-) yüklü olan atomların birbirini çekmesi sonucu oluşur.

- *Öğrencilerin atom, iyon, değerlik elektron sayısı ve iyon yükü kavramlarıyla ilgili zayıf anlamalara sahip olmaları veya bu kavramlarla ilgili yanlış anlamalara sahip olmaları.*
- *Atomu yapısı, kimyasal reaksiyonlar, kimyasal hesaplamalar, indirgenme-yükseltgenme ve diğer birçok kimya konusunda öğrencilerin sıklıkla karşılaştıkları iyon yüklerinin nötr atomlarda da var olduğunu düşünmeleri. Atom ve iyon kavramlarını tam anlamayan öğrencilerin, öğrendikleri iyon yüklerinin atomlarda her zaman var olduğunu düşünmeleri.*
- *Bağlanmanın yapısını tam kavrayamamış olan öğrencilerin bu konuda bazı bilgi eksikliklerinin olması, bu eksikliklerini gidermek için sahip oldukları sınırlı ve yüzeysel bilgilerini kullanarak bağlanmanın yapısına ilişkin yorumlar yapmaya çalışmaları, ancak bu esnada yanlış yorum ve çıkarımlar yaparak bu türden yanlış fikirlere ulaşmaları.*
- *Bağlanmanın yapısı hakkında detaylı bilgisi olmayan, yüzeysel ve sınırlı bilgilere sahip olan öğrencilerin, bağlanmanın yapısını açıklamak için derslerde geçen ve onlara göre bağlanmayı açıklamada yeterli ve mantıklı olan en basit açıklamayı tercih etmeleri. Basitçe “artı ve eksi yüklü atomların birbirini çekmesi” sonucu bağlandıklarını düşünmeleri.*
- *İyon kavramını bilmeyen veya tam anlamış öğrencilerin, iyonik bağ için öğrenmiş oldukları “zıt yüklü iyonların birbirini çekmesi” fikrinin tüm atomlar arasındaki bağlanmalar için geçerli olduğunu düşünmeleri*

Yanılı 4: Kimyasal bağ; atomlar arasında elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması esnasında ortaya çıkan enerjidir. Bu enerji iki atomun bir arada durmasını sağlar

- *Zaman yetersizliği nedeniyle sınıfta sadece sınırlı içerik bilgisinin verilmesi, konunun işlenişinin bilgi aktarımı şeklinde gerçekleşmesi ve bu tür tartışmalara yer verilmemesi.*
- *Öğrencilerin mikroskobik boyutta bağlanmanın nasıl meydana geldiği ile ilgili bilgi eksikliklerinin olması.*
- *Bağlanmanın yapısını tam kavrayamamış ve bu konuda bazı bilgi eksiklikleri olan öğrencilerin, sahip oldukları sınırlı bilgileri kullanıp yorum yaparak bağlanmanın yapısı ve nasıl gerçekleştiğiyle ilgili bilgi eksikliklerini gidermeye çalışmaları, ancak bu esnada yanlış yorum ve çıkarımlar yaparak bu türden yanlış fikirlere ulaşmaları..*
- *Öğrencilerin konuyu ve içerisindeki kavramları zihinlerinde tam yapılandıramamış olmaları ve bu nedenle kavramlar veya olaylar arasında yanlış ilişkiler kurmaları. Örneğin; bu öğrencilerin “bağlanma” ile “bağlanma sırasında açığa çıkan enerji” arasında yanlış bir ilişki kurmaları.*
- *“Yüksek enerjili olan atomların bir araya gelerek nispeten daha düşük enerjiye sahip molekülleri oluşturduğu” bilgisine sahip öğrenci, bu bilgisini yanlış yorumlayarak ve bağlanma ile enerji arasında yanlış bir ilişkilendirme yaparak böyle bir yanılıya sahip olmuş olabilirler.*

Yanılı 5: Elektronlar birbiriyle bütünleşerek bağlanmayı gerçekleştirir veya elektronlar bağ yapmak için birbirlerini çekerler

- *Öğrencilerin mikroskobik boyutta bağlanmanın nasıl meydana geldiği ile ilgili bilgi eksikliklerinin olması .*
- *Proton, elektron, nötronun yükünü bilmemeleri ya da karıştırmaları. Eğer öğrenciler elektronun eksi yüklü olduğunu bilselerdi, iki elektronun birleşebileceği gibi bir fikre sahip olmazdı.*
- *Zaman yetersizliği nedeniyle sınıfta sadece sınırlı içerik bilgisinin verilmesi, konunun işlenişinin bilgi aktarımı şeklinde gerçekleşmesi ve bu tür tartışmalara yer verilmemesi.*

- Öğrencilerin çoğunluğunun düşünün, sorgulayan ve araştırmacı bir kişiliğe sahip olmamaları, ezbere alışkın olmaları, “bağlanmanın mikroskobik boyutta nasıl gerçekleştiği”, “atomların nasıl bir arada durdukları” gibi konulara ilgili olmamaları, sadece kendilerine derslerde öğretmen tarafından sunulan ya da ders kitaplarında yer alan bilgilerle yetinmeleri.

Yanılı 6: Öğrenciler kimyasal bağı fiziksel bir nesne olarak düşünmektedir

- Öğrencilerin mikroskobik boyutta bağlanmanın nasıl meydana geldiği ile ilgili bilgi eksikliklerinin olması.
- Mikroskobik boyutta gerçekleşen olayları ve nesnelere zihinlerinde tam olarak canlandıramayan ve bunlarla ilgili zayıf anlamalara sahip olan öğrencilerin, mikroskobik dünyadaki tanecikleri ve gerçekleşen olayları makroskobik dünyadaki nesnelere ve olaylara benzeterek açıklamaya çalışmaları. Böyle düşünün öğrencilerin, fiziksel bir yapı olarak gördükleri iki atomu birleştirecek şeyin yine fiziksel bir yapı olması gerektiğine inanmaları.
- Öğretmenlerin konunun öğretimi sırasında kullandıkları top-çubuk modelleri gibi modellerin yansıttıkları gerçekleri ile aralarındaki ilişkileri açıkça ortaya koymamaları, derslerinde modellerin ve yansıttıkları nesnelere benzeyen ve benzemeyen yanları üzerine tartışmalara yer vermemeleri.
- Öğretmenlerin o yaştaki öğrencilerin mikroskobik boyutlardaki atomu ve bağlanmayı kavrayabilmelerine ve moleküllerin yapılarını daha açık ve anlaşılır biçimde görmelerine yardımcı olacak bilgisayar, video yada film gibi görsel materyallerden faydalanmamaları.
- Geleneksel yöntem, soyut olan ve öğrencinin zihninde canlandırmakta zorluk çektiği moleküller boyuttaki bir çok yapıyı ve etkileşimi içeren kimyasal bağlar konusunun öğretiminde kullanılacak en uygunsuz yöntem olmasına rağmen, öğretmenler tarafından en sık kullanılan yöntem olması.

Yanılı 7: Bağlanma esnasında elektronlar kaybolur

- Öğrencilerin mikroskobik boyutta gerçekleşen olayları ve nesnelere zihinlerinde tam olarak canlandıramamaları.
- Öğrencilerin molekül kavramını tam anlamamış olmaları, moleküllerin yapısını zihinlerinde canlandıramamaları.
- “Molekül” ile “atom” arasındaki ilişkiyi kuramamış olmaları, molekülleri atomlardan tamamen bağımsız yapılar olarak düşünmeleri.
- Ders kitapları, diğer yazılı kaynaklar ve öğretmenler tarafından bu kavramların daha kolay anlaşılması için basitçe çizilmiş olan model, şekil ve gösterimlerin öğrenciler tarafından sadece görsel yönüyle dikkate alınması. Öğrencilerin bu modellerin gerçeğini her yönüyle yansıttıklarını düşünmeleri.
- Geleneksel yöntem, soyut olan ve öğrencinin zihninde canlandırmakta zorluk çektiği moleküller boyuttaki bir çok yapıyı ve etkileşimi içeren kimyasal bağlar konusunun öğretiminde kullanılacak en uygunsuz yöntem olmasına rağmen, öğretmenler tarafından en sık kullanılan yöntem olması.

Yanılı 8: Bağlanma esnasında elektronlar bölünür

- Öğrencilerin mikroskobik boyutta bağlanmanın nasıl meydana geldiği ile ilgili bilgi eksikliklerinin olması.
- Bağlanmanın yapısını tam kavrayamamış ve bu konuda bazı bilgi eksiklikleri olan öğrencilerin, sahip oldukları sınırlı bilgileri kullanıp yorum yaparak bağlanmanın yapısı ve nasıl gerçekleştiğiyle ilgili bilgi eksikliklerini gidermeye çalışmaları, ancak bu esnada yanlış yorum ve çıkarımlar yaparak bu türden yanlış fikirlere ulaşmaları.
- “paylaşmak” kelimesinin günlük dilde “sahip olunan bir şeyi birkaç kişi arasında bölüştürmek” anlamında kullanılması nedeniyle öğrencilerin “paylaşmak” kelimesini her iki atomun elektronlarının paylaşımı olarak değil de, sadece atomlardan birinin diğeri ile elektronunu paylaşması olarak düşünmesi. Bu öğrenciler atomlardan birinin elektronunu diğeriyle paylaşacağını, yani; elektronun bölüneceğini, düşünmektedir.
- Mikroskobik boyutta gerçekleşen olayları ve nesnelere zihinlerinde tam olarak canlandıramayan ve bunlarla ilgili zayıf anlamalara sahip olan öğrencilerin, mikroskobik dünyadaki tanecikleri ve gerçekleşen olayları makroskobik dünyadaki nesnelere ve olaylara benzeterek açıklamaya çalışmaları. Bu nedenle; makroskobik dünyadaki nesnelere benzer, fiziksel bir yapı olarak düşündükleri elektronların bölünebileceğine inanmaları.

Yanılı 9: Bağ elektronları hareketsizdir

- Kitaplarda ve diğer kaynaklarda yer alan veya sınıfta öğretmen tarafından kullanılan gösterimlerde elektronun hareketini göstermenin mümkün olmaması ve açıklamalarda hareketsiz resim veya çizimlerin kullanılması.
- “model” kavramının ne anlama geldiğinin öğrenciler tarafından bilinmemesi, bağlanmanın yapısı hakkında detaylı bilgisi olmayan ve konuyu yeni öğrenmeye çalışan öğrencilerin ders kitaplarında yer alan veya öğretmenler tarafından kullanılan hareketsiz resim ya da çizimlerin gerçeklerini tamamen yansıttıklarını düşünmeleri.
- Öğrencilerin atomun ve onu oluşturan taneciklerin yapısını tam kavramamış olmaları.
- Öğrencilerin moleküllerin ve onu oluşturan yapıların (atom, elektron) özelliklerini tam kavramamış olmaları, moleküllerin yapısını zihinlerinde canlandıramamaları.
- Öğretmenlerin o yaştaki öğrencilerin mikroskobik boyutlardaki atomu kavrayabilmelerine ve yapılarını daha açık ve anlaşılır biçimde görmelerine yardımcı olacak bilgisayar, video yada film gibi görsel materyallerden ve çoklu ortam araçlarından faydalanmamaları.

- *Geleneksel yöntem, soyut olan ve öğrencinin zihninde canlandırmakta zorluk çektiği moleküler boyuttaki bir çok yapıyı ve etkileşimi içeren kimyasal bağlar konusunun öğretiminde kullanılacak en uygunsuz yöntem olmasına rağmen, öğretmenler tarafından en sık kullanılan yöntem olması.*

Yanılı 10: Kimyasal bağ oluşumu sırasında enerji gerekli iken, kimyasal bağın koparılması sırasında enerji açığa çıkar.

- *Öğrenciler kimyasal bağı fiziksel bir yapı olarak düşünmeleri nedeniyle, o yapıyı oluşturmak için bir enerji gerektiğini düşünmüş olabilirler. Nasıl ki bir binanın yapılabilmesi için bir sürü işçinin çalışması ve enerji harcaması gerekiyorsa, bir nesne veya yapı olarak düşündükleri kimyasal bağın oluşması için de enerji gerektirdiğini düşünmüş olabilirler. Buna zıt olarak, oluşturulması için enerji gerekli bu yapının parçalanması sonucunda ise harcanan bu enerjinin ortaya çıkacağını düşünüyor olabilirler.*
- *Biyoloji derslerinde karşılaştıkları “besinlerin parçalanması sonucu vücudun ihtiyacı olan enerji ortaya çıkar” bilgisini, bağın parçalanması ile yanlış ilişkilendirerek kimyasal bağın parçalanması sırasında da enerji açığa çıktığını düşünmüş olabilirler. Böyle düşünen öğrenciler tersi durum için, yani bağ oluşumu için, de enerji gerektiği çıkarımını yapmış olabilirler.*
- *Öğrencilerin çoğunluğunun düşünen, sorgulayan ve araştırmacı bir kişiliğe sahip olmamaları, sadece kendilerine derslerde öğretmen tarafından sunulan ya da ders kitaplarında yer alan bilgilerle yetinmeleri, daha ileri bilgileri elde etmeye istekli ve meraklı olmayışları.*
- *“Atomlar neden bağ yapar?” sorusunun cevabını ve bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini tam anlamamış olmaları. Eğer atomların daha düşük enerjili hale geçmek için bağ yaptıklarını bilselerdi, bu bilgidен yola çıkarak bağ oluşumu ve bağ kırılması durumundaki enerji değişimlerini yorumlayabilirlerdi.*

Yanılı 11: Hem bağ oluşumu hem de bağların kırılması için enerji gereklidir

- *“Atomlar neden bağ yapar?” sorusunun cevabını ve bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini tam anlamamış olmaları. Eğer atomların daha düşük enerjili hale geçmek için bağ yaptıklarını bilselerdi, bu bilgidен yola çıkarak bağ oluşumu ve bağ kırılması durumundaki enerji değişimlerini yorumlayabilirlerdi.*
- *Bağlanmanın yapısını tam kavrayamamış olan öğrencilerin bu konuda eksik veya yanlış bazı bilgilere sahip olmaları, eksik veya yanlış olan mevcut bilgilerini kullanarak bağ oluşumu ve bağ kırılması strasındaki enerji değişimleri hakkında yorumlar yapmaya çalışmaları, ancak bu esnada yanlış yorum ve çıkarımlar yaparak bu türden yanlış fikirlere ulaşmaları.*
- *Öğrencilerin çoğunluğunun düşünen, sorgulayan ve araştırmacı bir kişiliğe sahip olmamaları, sadece kendilerine derslerde öğretmen tarafından sunulan ya da ders kitaplarında yer alan bilgilerle yetinmeleri, daha ileri bilgileri elde etmeye istekli ve meraklı olmayışları.*

Yanılı 12: Bağların kırılması hem endotermik hem de ekzotermiktir. Bağların kırılması için enerji gereklidir ama bağlar kırıldıktan sonra ise enerji açığa çıkar

- *Biyoloji derslerinde besinlerin sindirimi konusunu işlerken “besinlerin parçalanması sonucu vücudun ihtiyacı olan enerji elde edilir” ifadesini duyan ve besinlerin büyük zincirli moleküllerden oluştuğunu bilen öğrenci; “besinlerdeki bu moleküllerin atomlarına parçalanması için az da olsa enerji gerektiğini, ancak bu büyük zincirli besinlerdeki bağların kırılması sonucunda vücudun ihtiyacı olan enerjinin açığa çıktığını” düşünerek bağ kırılması için önce enerji gerektiğini ancak kırıldıktan sonra ise enerji açığa çıktığını düşünmüş olabilir.*
- *Bağın parçalanması olayını bir bütün olarak düşünmemeleri, olayı “parçalanma öncesi” ve “parçalanma sonrası” olarak ikiye ayırmaları ve “ekzotermik” ve “endotermik” kavramlarını tam anlamamış olmaları.*
- *Böyle düşünen öğrenciler büyük olasılıkla atomların birleşmesi sonucu oluşan moleküllerin daha düşük enerjili olduğunu öğrenmişler ve bu bilgiye sahipler. Bu nedenle bağların kırılması için enerjiye ihtiyaç olduğunu düşünmektedirler. Ancak bu öğrenciler aynı zamanda kimyasal bağı fiziksel bir nesne olarak da görüyor olabilirler. Ya da besinlerin parçalanması sonrasında enerji açığa çıkması olayı ile ilişkilendirerek kimyasal bağın parçalanması sırasında da enerji açığa çıktığını da düşünüyor olabilirler. Hem bazı doğru bilgilere hem de bazı yanlış fikirlere sahip bu öğrenciler, bu fikirlerini birleştirerek ve yanlış ilişkilendirerek bu türden yanlış bir sonuca ulaşmış olabilirler.*

İyonik Bağla İlgili Yanılılar ve Olası Nedenleri

Yanılı 1: Öğrenciler iyonik ve kovalent bağı birbirleriyle karıştırmaktadırlar (iyonik bağdaki elektronlar iki atom arasında paylaşılmıştır, iyonik bağ ametal atomları arasında gerçekleşir vb.)

- *İyonik bağın kimler arasında ve nasıl gerçekleştiğini tam anlamamış olmaları, bu kavramlarla ilgili zayıf anlamalara ve ezbere bazı bilgilere ve sahip olmaları.*
- *Kovalent bağın kimler arasında ve nasıl gerçekleştiğini tam anlamamış olmaları, bu kavramlarla ilgili zayıf anlamalara ve ezbere bazı bilgilere ve sahip olmaları.*

- Öğrencilerin derste öğrenmiş oldukları kavramları birbirine karıştırmaları. Çünkü onlar bilgileri tam anlamamakta ve daha çok ezberlemektedirler. Bu nedenle derste görmüş oldukları iyonik ve kovalent bağı birbirleriyle karıştırmış olabilirler. Bu karıştırma sadece isimlerin karıştırılması olabileceği gibi, öğrenciler bu bağ türlerinin özelliklerini de birbirine karıştırmış olabilirler.

Yanılı 2: İyonik bağ, metal atomları arasında gerçekleşir

- Öğrencilerin iyonik bağın yapısı, hangi atomlar arasında ve nasıl gerçekleştiğiyle ilgili bilgi eksikliklerinin olması.
- Günlük hayatta sıkça karşılaştıkları ve yapılarının çok güçlü olduğunu bildikleri metaller ile en güçlü kimyasal bağlardan biri olduğunu bildikleri iyonik bağı birbiri ile yanlış ilişkilendirmeleri.
- Metal ve ametal atomlarının özelliklerini iyi kavramamış olmaları. Eğer öğrenciler metallerin son enerji düzeylerinde oynak elektronlara sahip olduklarını ve bağlanma sırasında genellikle bunları verdiklerini bilselerdi, yan yana duran bir sürü metal atomu arasında elektron alışverişinin ve dolayısıyla iyonik bağın oluşamayacağını anlayabilirlerdi.
- Zaman yetersizliği nedeniyle sınıflarda sadece sınırlı bilgilerin verilmesi ve konunun işlenişinin genellikle bilgi aktarımı şeklinde gerçekleşmesi nedeniyle öğrencilerin konuyu anlamak yerine ezbere yönelmesi, bu nedenle öğrencilerin derste gördükleri ve ezberledikleri bilgileri birbiriyle karıştırmaları.

Yanılı 3: İyonik bağ sadece alkali metaller ile halojenler arasında gerçekleşir

- Metal ve ametal atomlarının özelliklerini iyi kavramamış olmaları. Bu öğrenciler sadece alkali metalleri metal atomları olarak ve sadece halojenleri ametal atomları olarak düşünüyor olabilirler.
- Gerek ders kitaplarının gerekse öğretmenlerin iyonik bağın yapısını açıklarken sınırlı örneklere yer vermeleri; iyonik bağ için genellikle IA ve VIIA grubu atomlarının oluşturdukları NaCl ve KCl gibi bileşikler örnek olarak vermeleri, hatta genellikle sadece tuzun yapısı üzerinde durmaları ve diğer iyonik bağlı bileşiklerden fazla bahsetmemeleri.
- Öğrencilerin ders kitaplarında veya sınıfta en sık karşılaştıkları iyonik bağlı bileşik örneklerinin NaCl ve KCl gibi genellikle IA ve VIIA grubu atomlarının oluşturdukları bileşikler olması. Bu öğrenciler sık karşılaştıkları sınırlı örneklerden yola çıkarak yanlış (aşırı) bir genelleme yapmış ve iyonik bağın sadece alkali metaller ile halojenler arasında gerçekleştiğini düşünmüş olabilirler.
- Öğrencilerin iyonik bağı ve yapısını tam anlamamış olmaları ve iyonik bağla ilgili bazı bilgi eksikliklerinin olması. Eğer öğrenciler iyonik bağın metallerle ametaller arasında gerçekleştiğini ve iyonik bağın (+) ve (-) yüklü iyonlar arasındaki elektriksel çekim olduğunu bilselerdi, sadece IA ve VIIA grubu atomları arasında değil, (+) yüklü tüm metal kanyonları ile (-) yüklü tüm ametal anyonları arasında oluşabileceğini düşünebilirlerdi.

Yanılı 4: İyonik bileşikler moleküler yapıdadır. Örneğin sodyum klorür, bir tane sodyum ve bir tane klor atomundan oluşan basit bir moleküldür

- İyonik bağın sadece elektron veren bir metal ile o elektronu alan ametal atomu arasında gerçekleştiğini düşünmeleri.
- İyonik bağın nasıl gerçekleştiğini tam kavramamış olmaları, zihinlerindeki iyonik bağın elektriksel çekimden farklı bir anlama gelmesi.
- Kovalent bağlı bileşiklerin çoğunda olduğu gibi, iyonik bağlı bileşiklerde de molekül kavramının olacağını düşünmeleri.
- Öğrencilerin bütün bileşiklerin moleküllerden oluşması gerektiğini ve moleküllerin de genellikle 2 veya 3 atomdan oluştuğunu düşünmeleri.
- Buldukları düzeye kadar ayrıntılı bir kimya dersi almadıkları ve onların zihninde kimyasal bağ; iki ya da üç atomun bir araya gelmesi şeklinde gerçekleşen bir durum olduğu için, çok sayıda atom arasında gerçekleşen bağlanmalara, yani örgülü yapıya, anlam verememeleri).
- Öğrencilerin mikroskopik dünyadaki olayları ve yapıları algılamada ve zihinlerinde canlandırmadaki güçlükleri. Eğer öğrenciler tuzu oluşturan sodyum ve klor atomlarının örgülü yapısını, yani bir sodyumun altı klora ve bir klor atomunun altı sodyum atomuna bağlı olduğu yapıyı, zihinlerinde canlandırabilselerdi böyle bir yanılıya sahip olmazlardı.

Yanılı 5: İyonik bağ sadece elektron alışverişinin olduğu iki atom arasında gerçekleşir. Örneğin; sodyum klorürde, bir sodyum atomu bir klora atomuna iyonik bağla bağlıdır. Diğerleriyle arasında sadece bazı çekim kuvvetleri vardır

- Öğrencilerin iyonik örgü yapıları hakkında bilgi sahibi olmamaları veya sınıfta işlenmişse bile örgü yapılarını tam anlamamış olmaları.
- İyonik bağın nasıl gerçekleştiğini tam kavramamış olmaları, zihinlerindeki iyonik bağın elektriksel çekimden farklı bir anlama gelmesi.

- Buldukları düzeye kadar ayrıntılı bir kimya dersi almadıkları ve onların zihninde kimyasal bağ; iki ya da üç atomun bir araya gelmesi şeklinde gerçekleşen bir durum olduğu için, çok sayıda atom arasında gerçekleşen bağlanmalara, yani; örgülü yapıya, anlam verememeleri.
- Öğrencilerin mikroskopik dünyadaki olayları ve yapıları algılamada ve zihinlerinde canlandırmadaki güçlükleri. Eğer öğrenciler tuzu oluşturan sodyum ve klor atomlarının örgülü yapısını, yani bir sodyumun altı klor ve bir klor atomunun altı sodyum atomuna bağlı olduğu yapıyı, zihinlerinde canlandırabilselerdi böyle bir yanılığa sahip olmazlardı.

Yanılı 6: İyonik bağ, kovalent bağla kıyaslandığında gerçek bağ bile sayılmaz. Bağ olabilmesi için iki atom arasında elektron paylaşımı olması gerekir

- Öğrenciler kovalent bağdaki elektronların ortaklaşa kullanımının, yaşadıkları dünyadaki ortalama kullanmayla benzer olduğunu düşünerek; elektronları ortak kullanmanın atomları bir arada tutmak için geçerli bir neden olabileceğine inanırlarken, birinin elektron alması ve birinin elektron vermesi sonrasında neden iki atomun bir arada durduklarına anlam verememiş olabilirler. Çünkü onlara göre bir şeyi ortak kullanan iki insan bu yüzden birlikte olabilirler, ancak birinin diğerine bir şey vermesi sonrasında bu iki insanın bir arada durmasına gerek yoktur.
- İyonik ve kovalent bağın nasıl gerçekleştiğini, atomların nasıl bir arada durduklarını tam anlamamış olmaları veya bu konuyla ilgili bilgi eksiklikleri.
- Öğrencilerin moleküler boyutta atomlar arasında gerçekleşen olayları ve etkileşimleri zihinlerinde canlandırmakta zorlanmaları. Gerek iyonik gerekse kovalent bağda atomları bir arada tutan kuvvetin ne olduğunu, (+) ve (-) yüklü iyonların çekimini veya paylaşılan elektronların her iki atomun çekirdeği tarafından çekilmesi olaylarını zihinlerinde canlandıramamaları.
- Lise 1 seviyesinde üzerinde en çok durulan bağ türleri iyonik ve kovalent bağ olmasına karşılık, sınıfta kovalent bağ konusu üzerinde iyonik bağ konusuna nispeten daha fazla durulmaktadır. İyonik bağ için genellikle sadece tuz örneği üzerinde durulurken, kovalent bağlanma sırasında su, hidrojen florür, amonyak ve metan gibi örnekler sınıfta mutlaka verilir. Ayrıca kovalent bağ konusu içerisinde Lewis gösterimleri üzerinde de durulmaktadır. Kısacası kovalent bağ konusu için sınıfta daha fazla vakit harcanması, öğrencilerin böyle düşünmesine sebep olmuş olabilir.

Yanılı 7: İyonik bileşiklerde moleküller arasında van der waals kuvvetleri vardır

- Eğer öğrenciler bir ametal atomu ile bir metal atomunun elektron alışverişi yaparak bir molekül oluşturduğunu düşünüyorsa; bu şekilde oluşan ve yan yana bulunan bir çok molekül arasında da moleküller arası bir kuvvetin olması gerektiğini düşünebilirler. Eğer öğrenci "Tüm moleküller arasında van der waals kuvvetleri vardır" gibi bir bilgiye de sahipse, iyonik moleküller arasındaki kuvvetlerin de van der waals kuvvetleri olduğunu düşünmüş olabilir).
- İyonik bağın nasıl gerçekleştiğini tam kavramamış olmaları, zihinlerindeki iyonik bağın elektriksel çekimden farklı bir anlama gelmesi.
- Örgülü yapıya sahip bileşiklerin yapısını anlamak zor gelebileceği için, öğrencilerin daha sık karşılaştıkları ve aşına oldukları moleküler yapının tüm bileşikler için söz konusu olduğunu düşünmeleri. Bu nedenle örgülü yapılarda moleküllerin ve dolayısıyla moleküller arası kuvvetlerin var olduğunu düşünmeleri.
- Öğrencilerin iyonik örgü yapıları hakkında bilgi sahibi olmamaları veya sınıfta işlenmişse bile örgü yapılarını tam anlamamış olmaları.

Yanılı 8: İyonik bileşikler oda sıcaklığında genellikle sıvı ya da gaz haldedir

- İyonik bağın yapısını, iyonik bağlı bileşiklerin ve örgü yapısının ne kadar güçlü olduğunu bilmemeleri veya tam kavramamış olmaları.
- Öğrencilerin metallerin ve ametallerin özelliklerini iyi kavramamış olmaları veya bunlarla ilgili eksik bilgileri. Bu kavramları karıştıran öğrencilerin iyonik bağlanmanın arasında gerçekleştiği atomları net olarak belirleyememeleri ve bu nedenle iyonik bağlanmanın olduğu bileşik örneklerini düşünememeleri veya yanlış örnekleri düşünmeleri.
- Derslerde gerek iyonik gerekse kovalent bağlı bileşikler için verilen örneklerin sınırlı olması. Bu nedenle öğrencilerin örnekleriyle sık karşılaşamadıkları iyonik maddelerin oda sıcaklığında hangi halde olduklarıyla ilgili bir yorum yapamamaları veya karşılaştıkları sınırlı örneklerden yola çıkarak, gereğinden az yada aşırı genellemeler ile bu türden bazı yanlış sonuçlara ve çıkarımlara ulaşmaları.
- Kimya öğretiminde yeri tartışılmaz olan laboratuvarların az kullanılması ya da hiç kullanılmaması, öğrencilerin iyonik ya da kovalent yapı maddelerin örneklerini görememeleri ve onların özelliklerini tanıyamamaları.
- Zaman yetersizliği nedeniyle sınıfta sadece sınırlı içerik bilgisinin ve örneklerin verilmesi, konunun işlenişinin bilgi aktarımı şeklinde gerçekleşmesi ve iyonik bileşiklerin katı mı, yoksa sıvı mı olması gerektiğiyle ilgili bu tür tartışmalara yer verilmemesi.

Dersin İşlenişi ve Öneriler

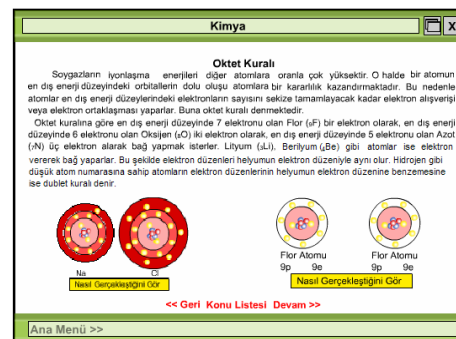
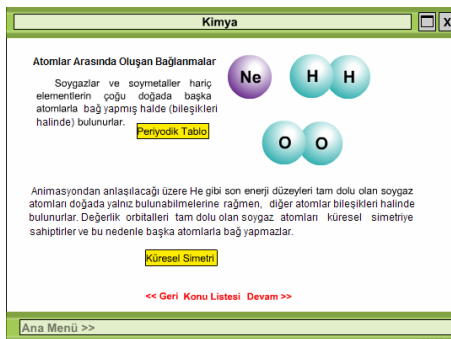
- Bütün öğrencilerinizin bilgisayarlarında kurulu olan BDÖ materyalini açmalarını ve beklmelerini sağlayınız. Eğer her öğrenci için bir bilgisayar sağlanamıyorsa; bilgisayarı olmayan öğrencilerden, öğretmen bilgisayarından büyük bir ekrana yansıtılan görüntüleri takip etmelerini isteyiniz.
- Atom, element, metal, ametal gibi önceki derslerde işlenmiş olan ve kimyasal bağlar konusu işlenirken de kullanılacak olan temel kavramlardan kısaca bahsederek bu kavramları öğrencilerinize hatırlatınız ve kimyasal bağlar konusuyla ilişkilendirmelerini sağlayınız.
- BDÖ materyalinin giriş ekranından sonraki ilk sayfası bu konu içerisindeki alt başlıkları içermektedir. Bu ekran üzerinde öğrencilerinize derste işlenecek alt başlıklardan ve konudaki kavramlardan kısaca bahsediniz. (Bkz. Sayfa 1).
- BDÖ materyali ile konuyu işlemeye başlamadan önce, öğrencilerinize “Acaba Atomları Bir Arada Tutan Kimyasal Bağların Yapısı Nasıl?” sorusunu yönelterek onların ön fikirlerini ve varsa yanılgılarını belirlemeye çalışınız. Bu esnada öğrencilerinizi, fikirlerini açıkça ifade etmeleri ve verdikleri cevapların nedenlerini çekinmeden açıklayabilmeleri için teşvik ediniz.
- Öğrencilerin kimyasal bağın yapısıyla ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Acaba Atomları Bir Arada Tutan Kimyasal Bağların Yapısı Nasıl?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıttınız.
- Öğrencilerinizin kimyasal bağın yapısıyla ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirler arasından yanlış olanlarını kavramsal değişim metinlerinde yer alan açıklamalar yardımıyla düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmanın sonunda atomları bir arada tutan kimyasal bağların yalnızca birer çekim kuvveti olduğunu önemle vurgulayınız.



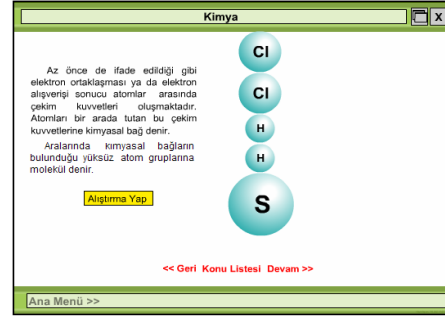
UYARI

Bu süreçte tartışmaların etkili yürütülmesi çok önemlidir. Sadece öğrenci-öğretmen değil, öğrenci-öğrenci etkileşimine de imkan veren bir tartışma ortamı sağlayınız. Bu durum öğrencilerin daha kolay ikna olmalarını sağlayabilir. Ayrıca, öğrencilerin sahip oldukları yanılgıların olası nedenleri hakkında bilgi sahibi olursanız, onların kavramsal değişimi sağlamasına, yani sahip oldukları yanılgıların bilimsel fikirlerle değiştirmelerine daha fazla yardım edebilirsiniz.

- BDÖ materyali yardımıyla “atomların genellikle doğada tek başlarına bulunmadıklarını”, “sadece soygaz atomlarının doğada tek başlarına bulunabildiklerini” ve “bunun nedenlerini (küresel simetri, oktet ve dublet kuralları)” öğrencilerinize açıklayınız (Bkz. Sayfa 2 ve 3).



• Oktet ve dublet kurallarını açıklarken bazı atomların elektron alışverişi yaparak, bazılarının ise elektronlarını ortak kullanarak bağ yaptıklarından bahsedildiği için; elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması sonucunda atomlar arasında bir çekim kuvvetinin oluştuğunu ve oluşan bu kuvvete kimyasal denildiğini bir kez daha vurgulayınız. Kimyasal bağlanmanın atomlar arasında oluştuğunu ve oluşan yapıları molekül denildiğini bahsederek, öğrencilerinizden BDÖ materyalinin 4. sayfasında yer alan atomlardan örnek bazı molekülleri oluşturmalarını ve uygulama yapmalarını sağlayınız (Sayfa 4).



• Öğrencilerinizin BDÖ materyalinin dördüncü sayfasında yaptıkları farklı molekül örneklerinde elektronlar görülmemektedir. “Bu moleküllerde elektronlar nerededirler?”, “Acaba atomlar nasıl bağ yapıyor?”, “Moleküllerde elektronlar yok mu?”, “Nasıl oldu da bu atomlar bir arada?” ve “Bağlanma esnasında elektronların işlevi nedir?” sorularıyla öğrencilerinizin bağlanmanın nasıl gerçekleştiği ve bağlanma sırasında elektronların nasıl davrandığı üzerine düşüncelerini sağlayınız. Bu esnada öğrencilerinizi, fikirlerini açıkça ifade etmeleri ve verdikleri cevapların nedenlerini çekinmeden açıklayabilmeleri için teşvik ediniz. Bu şekilde onların ön fikirlerini ve varsa yanılgılarını belirlemeye çalışınız.

• Öğrencilerinizin bağlanmanın nasıl gerçekleştiğiyle ve bağlanma sırasında elektronların işleviyle ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Bağlanma esnasında elektronların işlevi nedir?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıtınız.

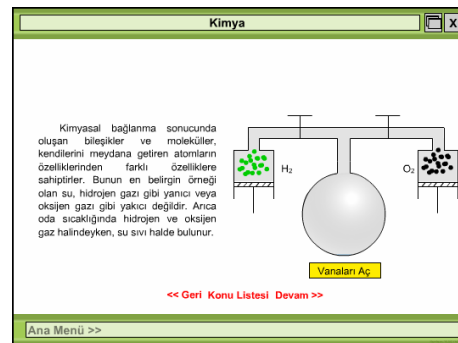
• Öğrencilerinizin atomların nasıl bir arada durduklarıyla, bağlanmanın nasıl gerçekleştiğiyle ve elektronların bağlanma sırasındaki işleviyle ilgili fikirlerini dikkate alarak, bunlar arasından yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamalar sayesinde düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmanın sonunda; elektronların kaybolmadıklarını, bölünmediklerini ya da birbirine yapışmadıklarını vurgulayınız. Atomlar arasında oluşan çekim kuvvetinin yalnızca yan yana bulunan atomların çekirdekleri ve elektronları arasındaki elektriksel bir çekimden ibaret olduğunu öğrencilerinize belirtiniz.

• Öğrencilerinize oktet ve dublet kurallarını işlerken bahsedilen “kararlılık” kavramını hatırlatarak, onlara “Bir atom için kararlılık ne anlama gelir?”, “Sizce bağ oluşumu sırasında enerji mi gereklidir, yoksa enerji mi açığa çıkar?” ve “Bir molekülü oluşturan atomlar arasındaki bağların kırıldığını ve molekülün atomlarına ayrıştığını düşünün. Acaba bu durumda moleküle dışarıdan enerji mi vermek gerekir, yoksa bu esnada enerji mi açığa çıkar?” gibi sorular yöneltiniz. Böylece öğrencilerinizin bağ oluşumu ve bağ kırılması sırasındaki enerji değişimleri üzerine düşüncelerini sağlayınız. Bu esnada öğrencilerinizi, fikirlerini açıkça ifade etmeleri ve verdikleri cevapların nedenlerini çekinmeden açıklayabilmeleri için teşvik ediniz. Bu şekilde onların ön fikirlerini ve varsa yanılgılarını belirlemeye çalışınız.

• Öğrencilerinizin bağ oluşumu ve bağ kırılması sırasındaki enerji değişimleri hakkındaki düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Bağ oluşumu ve bağ kırılması sırasında enerji alınır mı yoksa verilir mi?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıtınız.

• Bağ oluşumu ve bağ kırılması sırasındaki enerji değişimleri hakkında öğrencilerinizden ortaya çıkan fikirleri dikkate alarak, bunlar arasından yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamalar sayesinde düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmanın sonunda bağ oluşumunun enerji veren (ekzotermik), bağ kırılmasının ise enerji alan (endotermik) olaylar olduğunu vurgulayınız.

• BDÖ materyalindeki beşinci sayfada bağ oluşumu ve bağ kırılması sırasındaki enerji değişimleri; atomlar için kararlılığın ne anlama geldiği, atomların neden kararlı olmak istedikleri ve kararlılık-enerji ilişkisi dikkate alınarak açıklanmaktadır. Kavramsal değişim metni üzerinde yapılan tartışmaların ardından, materyalin 5. sayfasındaki bilgileri öğrencilerinizle birlikte inceleyerek, bağ enerjisi kavramını tanımlayınız (Bkz Sayfa 5).



- Öğrencilerinizden BDÖ materyalindeki bir sonraki sayfaya (Sayfa 6) geçmelerini isteyiniz. Bu kısımda öncelikle öğrencilerin animasyonla ilgilenmelerini sağlayınız. Öğrencilerden animasyondaki hidrojen, oksijen ve su taneciklerini özellikleri açısından karşılaştırmalarını isteyiniz. Daha sonra öğrenci cevaplarını da dikkate alarak, kimyasal bağlanma sonucu oluşan moleküllerin kendilerini oluşturan atomlardan farklı özelliklere sahip olduklarını gerek animasyondaki örnekle gerekse farklı örneklerle açıklayınız.
- Şimdiye kadar olan kısımda, kimyasal bağlanmanın yapısından ve atomlar arasında bağlanmanın nasıl gerçekleştiğinden bahsettiniz. BDÖ materyalinin bir sonraki sayfası (sayfa 7) kimyasal bağ türlerinden bahsetmektedir. Öncelikle öğrencilerinize “kimyasal bağların türleri var mıdır?” sorusunu yöneltiniz ve onların fikirlerini alın. Daha sonra Sayfa 7’den faydalanarak öğrencilerinize atomlar arasında gerçekleşebilecek bağlanma türlerini, yani kimyasal bağ türlerini açıklayınız. İlerleyen bölümlerde kimyasal bağ türleri ve özellikleri daha detaylı olarak işleneceğinden, bu kısımda sadece bağ türlerinin isimlerinden ve gerçekleşme şekillerinden kısaca bahsediniz.



UYARI

BDÖ materyalindeki 7. sayfa üzerinde çalışırken sadece “kimyasal bağlanmanın elektron alışverişi ya da elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşebileceğine” vurgu yapınız. Elektron alışverişi şeklinde olduğunda iyonik bağlanma ya da elektron ortaklaşması şeklinde olduğunda kovalent bağlanma olduğunu öğrencilerinize açıklamayınız. Bu sayfa işlenirken öğrencilerden bazıları kendileri bu tür ifadeler kullanırlarsa, onlara “hangi bağ türünün nasıl gerçekleştiğini daha sonra işleyeceğiz” şeklinde cevap veriniz. Çünkü her bir bağ türünün sınıfta işlenmesi öncesinde, onların yanlışlarını ortaya çıkarmak amacıyla bu tür tartışmalara yer verilecektir. Sizin yapacağınız herhangi bir açıklama onların gerçek fikirlerini ifade etmelerini engelleyebilir.

UYARI

BDÖ materyalindeki 7. sayfa üzerinde çalışırken, öğrencilerin bu sayfada yer alan animasyonları birkaç kez tecrübe etmelerini sağlayınız. Öğrencilerin dikkatini animasyonlarda bağlanma sonrası gerçekleşen değişimlere (sodyum ve klorun enerji düzeylerindeki değişimler, elektron alışverişinden sonra sodyumun ve klorun simgesindeki değişimler, flor atomlarında ortaklaşa kullanılan elektron sayısı, metalik bağlanma sırasında elektronların tüm atomlar üzerinde hareket etmesi vb.) çekiniz ve bu değişimler üzerinde düşünmelerini sağlayınız.

- “Bağlanma türlerini açıkladık, şimdi bunlardan ilki olan iyonik bağı birlikte inceleyelim” diyerek iyonik bağ konusuna giriş yapınız. Öğrencilerinize “iyonik bağ hangi atomlar arasında meydana gelir?” sorusunu yöneltiniz ve fikirlerini açıkça ifade etmeleri konusunda onları teşvik ediniz. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, iyonik bağlanmanın gerçekleştiği atomlarla ilgili ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.
- Öğrencilerinizin iyonik bağlanmanın hangi atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “İyonik Bağ Hangi Atomlar Arasında Meydana Gelir?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıtınız.
- Öğrencilerinizin iyonik bağlanmanın hangi atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metinlerindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında metal ve ametal atomlarının özelliklerinden ve bu atomların bağlanma sırasında genellikle nasıl davrandıklarından bahsediniz. Tartışmanın sonunda iyonik bağlanmanın, bağlanma sırasında genellikle elektron veren metal atomları ile bağlanma sırasında genellikle elektron alan ametal atomları arasında gerçekleştiğini vurgulayınız.
- İyonik bağın arasında gerçekleştiği atomlardan bahsettikten sonra öğrencilerinize “peki iyonik bağ bu atomlar arasında nasıl gerçekleşir?” sorusunu yöneltiniz ve fikirlerini açıkça ifade etmeleri konusunda onları teşvik ediniz. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, iyonik bağlanmanın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.
- Öğrencilerinizin iyonik bağlanmanın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “İyonik Bağ Nasıl Gerçekleşir?” başlıklı kavramsal değişim metnini öğrencilerinize dağıtınız.
- Öğrencilerinizin iyonik bağlanmanın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metinlerindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında; “metal ve ametal atomlarının özelliklerinden” ve “elektron paylaşımı veya elektron ortaklaşması yapabilecek atomların ne tür özelliklere sahip olmaları gerektiğinden” bahsediniz. Tartışmanın sonunda iyonik bağlanmanın, bağlanma sırasında genellikle elektron veren metal atomları ile bağlanma sırasında genellikle

elektron alan ametal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleştiğini ve elektron veren metal katyonu ile elektron alan ametal anyonu arasındaki elektrostatik bir çekim kuvveti olduğunu vurgulayınız.

- BDÖ materyalindeki sekizinci sayfada iyonik bağın arasında gerçekleştiği atomlar, bu atomların nasıl özelliklere sahip olmaları gerektiği, periyodik cetvelde bu özelliklere sahip atom gruplarının hangileri olduğu ve iyonik bağın bu atomlar arasında nasıl gerçekleştiği açıklanmaktadır. “İyonik Bağ Hangi Atomlar Arasında Meydana Gelir?” ve “İyonik Bağ Nasıl Gerçekleşir?” başlıklı kavramsal değişim metinleri üzerinde yapılan tartışmaların ardından, materyalin sekizinci sayfasındaki bilgileri öğrencilerinizle birlikte yeniden inceleyiniz. Bu sayfada yer alan ve iyonik bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini açıklayan animasyonun öğrenciler tarafından birkaç kez tecrübe edilmesini sağlayarak, öğrencilerinizin animasyon üzerinde odaklanmalarını sağlayınız.



UYARI

BDÖ materyalindeki 8. sayfa üzerinde çalışırken, öğrencilerin bu sayfada yer alan animasyon üzerinde detaylı olarak durmalarını sağlayınız. Öğrencilerinizin dikkatlerini; elektron alışverişinden sonra sodyumun simgesinin Na^+ klorun simgesinin ise Cl^- şeklinde değişmesi, bağlanma sonrasında tüm atomların son enerji düzeylerinde sekiz elektron olması ve bağlanmadan sonra sodyum ve klorun atom çaplarının değişimi vb. durumlara çekiniz.

UYARI

BDÖ materyalinin bu sayfasında (8. sayfa) elektronegatiflik ve iyonlaşma enerjisi gibi kavramlar yer almaktadır. Bu nedenle sayfanın incelenmesi sırasında bu kavramları öğrencilerinize hatırlatınız.

- BDÖ materyalindeki sekizinci sayfayı öğrencilerinizle birlikte çalıştıktan sonra, onlara “İyonik bileşikler moleküler halde midir?” sorusunu yöneliniz. Böylece öğrencilerinizin iyonik bağlanmanın yapısı ve iyonik bağlı bileşiklerin özellikleri üzerine düşüncelerini sağlayınız. Eğer öğrencileriniz “moleküler yapıda olmak” ifadesini anlamamış iseler, onlara bu ifadenin ne anlama geldiğini örneklerle açıklayınız. İyonik bağlı bileşiklerin moleküler yapıda olup olmadığının tartışılması esnasında, öğrencilerinizi fikirlerini açıkça ifade etmeleri ve verdikleri cevapların nedenlerini çekinmeden açıklayabilmeleri için teşvik ediniz. Bu şekilde onların ön fikirlerini ve varsa yanılgılarını belirlemeye çalışınız.
- Öğrencilerinizin iyonik bileşiklerin moleküler yapıda olup olmadığıyla ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “İyonik bileşikler moleküler halde midir?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıttınız.
- Öğrencilerinizin iyonik bileşiklerin moleküler yapıda olup olmadığıyla ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında öğrencilerinize; iyonik bileşikler için kullanılan formüllerin birer basit formül olduklarından, tüm bileşiklerin moleküler yapıda olmadıklarından, moleküllerin mutlaka iki veya üç atomdan değil, daha fazla atomdan oluşabileceğinden bahsediniz. Tartışmanın sonunda; NaCl , KCl gibi iyonik bağlı bileşik formüllerinin birer basit formül olduklarını, iyonik bağlı bileşiklerin genellikle örgülü yapıya sahip olduklarını ve iyonik bağlı bileşiklerde bir anyonun veya katyonun etrafındaki diğer zıt yüklü katyonlarla veya anyonlarla iyonik bağlı olduklarını vurgulayınız.
- İyonik bileşiklerin moleküler yapıda olup olmadığıyla ilgili tartışmaların ardından öğrencilerinize “İyonik bağlı bileşikler genellikle hangi haldedir?” sorusunu yöneliniz ve fikirlerini açıkça ifade etmeleri konusunda onları teşvik ediniz. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle hangi halde bulduklarıyla ilgili ön fikirlerini ve varsa yanılgılarını belirlemeye çalışınız.
- Öğrencilerinizin iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle hangi halde bulduklarıyla ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “İyonik bağlı bileşikler genellikle hangi haldedir?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıttınız.
- Öğrencilerinizin iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle hangi halde bulduklarıyla ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında; iyonik ve kovalent bağ arasındaki farklılıklardan, iyonik ve kovalent bağlı bileşik örneklerinden, oksijen içeren tüm bileşiklerin gaz halinde olmadıklarından ve hidrojenin bir ametal atomu olduğundan bahsediniz. Tartışmanın sonunda; genellikle örgülü yapıya sahip iyonik bileşiklerde zıt yüklü iyonlar arasında çok güçlü elektriksel çekimlerin var olduğunu, iyonik bağ zıt yüklü

iyonlar arasındaki elektriksel çekim kuvveti olduğundan tüm iyonlar arasında iyonik bağlanmanın olduğunu ve çok güçlü çekim kuvvetleri ile bir arada duran iyonik bileşiklerin oda sıcaklığında genellikle katı halde bulduklarını vurgulayınız.

- Dersin sonunda, öğrencilerinizle birlikte hem o gün derste işlediğiniz konulardan hem de bir sonraki hafta işlenecek konulardan kısaca bahsederek dersi tamamlayınız.

Dersin Adı: Kimya

Sınıf : Lise 1

Ünitenin Adı: Maddenin Yapısı

Konu: Elektron Nokta Gösterimleri (Lewis Gösterimleri), Kovalent Bağ, Metalik Bağ, Bağlar ve Maddenin Halleri, Van der Waals Kuvvetleri

Önerilen Süre: 2 ders saati

Amac: Farklı kimyasal bağ türlerinin ve moleküller arası kuvvetlerin yapısını ve özelliklerini kavrayabilme

Öğrenci Kazanımları: Bu dersin sonunda öğrenciler;

- Farklı atomların elektron nokta gösterimlerini yazar
- Kovalent bağın ametal atomları arasında nasıl gerçekleştiğini açıklar
- Tüm kovalent bağlanmalarda ortaklaşa kullanılan elektronların bağ yapan atomlar tarafından eşit kuvvetle çekilmediğini fark eder
- Elektronegatifliği açıklar
- Kovalent bağın polar ve apolar kovalent bağ olmak üzere iki şekilde gerçekleştiğini belirtir
- Bazı moleküllerdeki ikili ve üçlü bağ yapılarını açıklar
- Metalik bağın metal atomları arasında nasıl gerçekleştiğini açıklar
- Maddelerin halleri ile onları oluşturan moleküller arasındaki kuvvetlerin türleri arasındaki ilişkiyi açıklar
- Moleküllerdeki elektron dağılımının homojen olup olmamasına bağlı olarak moleküllerin polar ve apolar moleküller olarak adlandırıldığını belirtir
- Van der Waals kuvvetlerinin ne tür yapılar arasında ve nasıl gerçekleştiğini açıklar

Ünite kavramları ve Sembolleri/Davranış Örüntüsü: Atom, molekül, kimyasal bağ, metal, ametal, kovalent bağ, elektron ortaklaşması, elektronegatiflik, polar ve apolar kovalent bağ, çift bağ, üçlü bağ, metalik bağ, elektron denizi modeli, polar ve apolar molekül, Van der Waals kuvvetleri

Öğretme-Öğrenme Yöntem ve Teknikleri : Bilgisayar destekli öğretim, Kavramsal değişim metinleriyle öğretim, Tartışma ve Soru-cevap

Kullanılan Eğitim Teknolojileri-Araç, Gereçler ve Kaynakça: Bilgisayar destekli öğretim materyali, Kavramsal değişim metinleri, Öğretmen Rehber Materyali

İlişkili Kavram Yanılguları ve Olası Nedenleri:

Kovalent Bağla İlgili Yanılgular ve Olası Nedenleri

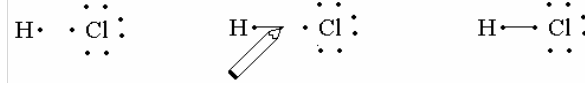
Yanılgı 1: Öğrenciler iyonik ve kovalent bağı birbiriyile karıştırmaktadırlar (kovalent bağda atomlardan biri elektron alırken diğeri elektron verir, kovalent bağ metal ve ametal atomları arasında gerçekleşir vb.)

- *İyonik bağın kimler arasında ve nasıl gerçekleştiğini tam anlamamış olmaları, bu kavramlarla ilgili zayıf anlamalara ve ezbere bazı bilgilere ve sahip olmaları.*
- *Kovalent bağın kimler arasında ve nasıl gerçekleştiğini tam anlamamış olmaları, bu kavramlarla ilgili zayıf anlamalara ve ezbere bazı bilgilere ve sahip olmaları.*
- *Öğrencilerin derste öğrenmiş oldukları kavramları birbirine karıştırmaları. Çünkü onlar bilgileri tam anlamamakta ve daha çok ezberlemektedirler. Bu nedenle derste görmüş oldukları iyonik ve kovalent bağı*

birbirine karıştırılmış olabilirler. Bu karıştırma sadece isimlerin karıştırılması olabileceği gibi, öğrenciler bu bağ türlerinin özelliklerini de birbirine karıştırılmış olabilirler.

Yanılı 2: Bir kovalent bağda, bağ denilen şey; bağ yapan elektronlardır

- Öğrencilerin mikroskobik dünyadaki olayları ve yapıları algılamada ve zihinlerinde canlandırmada güçlüklerinin olması. Bu öğrenciler büyük bir olasılıkla, moleküler boyutta kovalent bağın nasıl gerçekleştiğini, atomların ve elektronların konumlarını ve hareketlerini, bağlanma sonrasında oluşan molekülün yapısını zihinlerinde canlandıramamaktadırlar.
- Konu işlenirken Lewis gösterimleri esnasında iki atom arasındaki bağın atomların arasındaki elektronların arasına bir çizgi çekilerek gösterilmesi ve bu esnada gerekli açıklamaların yapılmaması nedeniyle, bu durumun öğrenci tarafından yanlış yorumlanarak gerçemiş gibi düşünülmesi.



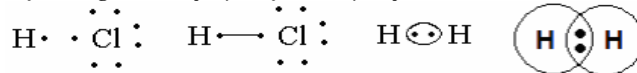
- Mikroskobik boyutta gerçekleşen olayları ve nesnelere zihinlerinde tam olarak canlandıramayan ve bunlarla ilgili zayıf anlamalara sahip olan öğrencilerin, mikroskobik dünyadaki tanecikleri ve gerçekleşen olayları makroskobik dünyadaki nesnelere ve olaylara benzeterek açıklamaya çalışmaları. Bağlanmanın elektriksel bir çekim olduğunu bilmeyen ve atomlar arasındaki bağ denilen şeyin mutlaka fiziksel bir yapı olması gerektiğini düşünen öğrenciler, fiziksel bir yapı olarak gördükleri iki atomu birleştirecek şeyin yine fiziksel bir yapı olması, yani iki atom arasındaki bağ elektronları olması gerektiğine inanıyor olabilirler.
- Zaman yetersizliği nedeniyle sınıfta bağlanmanın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili bu türden detaylı tartışmalara yer verilmemesi, bunun yerine konunun işlenişinin bilgi aktarımı şeklinde gerçekleşmesi, konuyla ilgili sadece sınırlı içerik bilgisinin, yüzeysel ve ezbere bazı bilgilerin verilmesi.

Yanılı 3: Kovalent bağlanma sırasında elektronlar iki atom arasında bölünürler

- Öğrencilerin mikroskobik dünyadaki olayları ve yapıları algılamada ve zihinlerinde canlandırmada güçlüklerinin olması. Bu öğrenciler büyük bir olasılıkla, moleküler boyutta kovalent bağın nasıl gerçekleştiğini, atomların ve elektronların konumlarını ve hareketlerini, bağlanma sonrasında oluşan molekülün yapısını zihinlerinde canlandıramamaktadırlar.
- Moleküler boyuttaki atom ve molekül gibi taneciklerin yapısını, atomlar arasında bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini ve bağlanma esnasında elektronların konumunu zihinlerinde canlandıramayan öğrencilerin, detaylı bilgiye sahip olmadıkları ve gözlemleyemedikleri bu yapıları ve olayları makroskobik dünyadaki yapılara ve olaylara benzeterek açıklamaya çalışmaları. Bu nedenle; makroskobik dünyadaki nesnelere benzer, fiziksel bir yapı olarak düşündükleri elektronların bölünebileceğine inanmaları.
- “paylaşmak” kelimesinin günlük dilde “sahip olunan bir şeyi birkaç kişi arasında bölüştürmek” anlamında kullanılması nedeniyle öğrencilerin “paylaşmak” kelimesini her iki atomun elektronlarının paylaşımı olarak değil de, sadece atomlardan birinin diğeri ile elektronunu paylaşması olarak düşünmesi. Bu öğrenciler atomlardan birinin elektronunu diğeriyle paylaşacağını, yani; elektronun bölüneceğini, düşünmektedir.
- Konuyla ilgili ayrıntılı bilgiye sahip olmayan, kavramları yeni öğrenmeye başlayan ve “elektronların iki atom arasında paylaşıldığı” gibi yüzeysel ve ezbere bilgilere sahip olan öğrencilerin, daha önce hiç sorgulamadıkları “kovalent bağlanmanın nasıl gerçekleştiği” olayını açıklamak için sahip oldukları ve anlamını tam olarak bilmedikleri sınırlı bilgilerini kullanmaları ve olayı açıklamak için yorumlar getirmeye çalışmaları. Ancak yaptıkları basit ve yanlış yorumlar sonucunda kendilerince mantıklı ancak bilimsel gerçeklerle tutarlı olmayan fikirlere ulaşmaları. Bu öğrenciler iki atom arasındaki elektron paylaşımını, basitçe yorumlayarak “elektronun bölünmesi” şeklinde düşünmüş olabilirler.

Yanılı 4: Kovalent bağda bağ elektronları iki atom arasında hareketsiz dururlar

- Öğrencilerin kovalent bağın hangi tür atomlar arasında oluştuğu, bağlanmanın nasıl gerçekleştiği ve neden gerçekleştiği ile ilgili bilgi eksiklikleri, bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini tam anlamamış olmaları.
- Öğrencilerin atomun ve onu oluşturan taneciklerin yapısını tam kavramamış olmaları.
- Ders kitapları ve diğer yazılı kaynaklarda yer alan veya öğretmenler tarafından bağlanmanın daha kolay anlaşılması için basitçe çizilmiş olan model, şekil ve gösterimler. Örnekleri aşağıda gösterilen bu gösterimlerin konuyu tam anlamamış olan öğrenciler için yanlış anlamaya açık olması.



- Öğretmenlerin kitaplarda yer alan çizim ve şekillerin birer model olduklarını açıklamamaları, modellerin yansıttıkları gerçekleri ile aralarındaki ilişkileri açıkça ortaya koymamaları ve derslerinde modellerin ve yansıttıkları nesnelere benzeyen ve benzemeyen yanları üzerine tartışmalara yer vermemeleri.

- Öğrenciler, elektronların hareketli olması durumunda, elektronların ortaklaşa kullanımının nasıl olacağını zihinlerinde canlandıramadıklarından dolayı bu tür bir yanlış çıkarsama yapmış olabilirler. Çünkü onlar, bağ elektronlarının iki atomun arasındaki bölgenin dışına çıktığında nasıl ortaklaşa kullanılacağını kestiremeyebilirler. Bu yüzden “elektronların iki atom arasında hareketsiz olduğu fikri” onlara daha basit, anlaşılır ve mantıklı gelebilir.

Yanılı 5: Kovalent bağ, metal atomları arasında gerçekleşir

- Metallerin ve ametallerin özelliklerini iyi kavramamış olmaları. Eğer öğrenciler metallerin son enerji düzeylerinde oynak elektronlara sahip olduklarını ve bağlanma sırasında genellikle bunları verdiklerini bilselerdi, her ikisi de metal olan iki atomun arasında elektron ortaklaşmasının ve dolayısıyla kovalent bağın oluşamayacağını anlayabilirlerdi.
- Öğrencilerin metalik bağın ne tür atomlar arasında ve nasıl meydana geldiğini tam anlamamış olmaları
- Öğrencilerin kovalent bağın ne tür atomlar arasında ve nasıl meydana geldiğini tam anlamamış olmaları

Yanılı 6: Kovalent bağ, soy gazlar ile ametaller arasında gerçekleşir

- Öğrencilerin kovalent bağın moleküler boyutta nasıl gerçekleştiği ve neden gerçekleştiği ile ilgili bilgi eksiklikleri, kovalent bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini tam anlamamış olmaları.
- Metallerin, ametallerin veya soy gazların yapısını ve özelliklerini tam anlamamış olmaları.
- Atomların neden bağ yaptıklarını ve atomların bağ yapmalarının sonuçlarını tam olarak bilmemeleri. Yüksek enerjili atomların daha düşük enerjili hale geçebilmek için bağ yaptıklarını ve bağlanma sırasında atomların daha düşük enerjili ve kararlı olan soy gazlara benzediğini bilselerdi soy gazların hiçbir atomla kimyasal bağ yapmayacağını düşünebilirlerdi.

Yanılı 7: Öğrenciler polar ve apolar kovalent bağı birbiri ile karıştırmaktadır (polar kovalent bağda elektronlar her iki atoma eşit uzaklıktadır ve apolar kovalent bağda elektronlar atomlardan birine daha yakındır

- Öğrencilerin kovalent bağla ve kovalent bağ türleriyle ilgili eksik bilgilere ve zayıf anlamalara sahip olmaları.
- Öğrencilerin polar ve apolar kovalent bağı anlayabilmesi için gerekli olan elektronegatiflik kavramını bilmemeleri veya tam anlamamış olmaları.
- Öğrenciler öğrenmiş oldukları polar ve apolar kovalent bağı birbiriyle karıştırmış olabilirler. Zaten konuyu yeni öğrenmeye başlayan, konuyla ilgili detaylı bilgisi olmayan, sadece ezbere birkaç temel bilgiye sahip öğrencilerin, derste öğrendikleri ve isimleri birbirine çok benzeyen bu iki kavramı karıştırmaları olasıdır.

Yanılı 8: Tüm kovalent bağlarda bağ elektronları her iki atoma da eşit uzaklıktadır

- Öğrencilerin polar ve apolar kovalent bağ kavramlarını bilmemeleri veya bu bağ türlerini tam anlamamış olmaları.
- “paylaşmak” veya “ortak kullanmak” kelimelerinin günlük dilde genellikle “eşitlik” anlamını da içermesi nedeniyle öğrencilerin tüm kovalent bağlarda atomlar arasındaki elektron paylaşımının her zaman eşit olması gerektiğini düşünmeleri.
- Öğrencilerin polar ve apolar kovalent bağı anlayabilmesi ve polar kovalent bağlarda elektronun hangi atoma daha yakın olacağını belirleyebilmesi için gerekli olan elektronegatiflik kavramını bilmemeleri veya tam anlamamış olmaları.

Yanılı 9: Grafitte karbon atomlarından bazıları bağ yapmaz, grafitte bazı karbon atomları delokalize haldedir ve bu delokalize karbon atomları elektriği iletir

- Delokalizasyon kavramını bilmemeleri nedeniyle, üç bağ yapan karbon atomları üzerindeki elektron çiftlerinin yaptığı delokalizasyonu atomların yaptığını düşünmeleri.
- Grafitin yapısı hakkındaki eksik bilgileri veya grafitin yapısını tam anlamamış olmaları.
- Zaman yetersizliği sebebiyle ve Lise-3’de daha ayrıntılı olarak işleneceği düşüncesiyle Lise-1 düzeyinde grafitin yapısından hiç bahsedilmemesi veya çok az bahsedilmesi.

Yanılı 10: Grafit birbiri üzerinde kayabilen karbon atomları tabakasına sahiptir ve birbiri üzerinde kayabilen bu tabakalar sayesinde elektriği iletir

- Grafitin yapısı hakkındaki eksik bilgileri veya grafitin yapısını tam anlamamış olmaları.
- Zaman yetersizliği sebebiyle ve Lise-3’de daha ayrıntılı olarak işleneceği düşüncesiyle Lise-1 düzeyinde grafitin yapısından hiç bahsedilmemesi veya çok az bahsedilmesi.

Yanılı 11: Kovalent bağı yapılar, en fazla iki yada üç atom içeren moleküllerden oluşur

- *Grafitin ve elmas gibi kovalent bağı örgülerin yapısı hakkındaki eksik bilgileri veya bu yapıları tam anlamamış olmaları.*
- *Zaman yetersizliği sebebiyle ve Lise-3'de daha ayrıntılı olarak işleneceği düşüncesiyle, Lise-1 düzeyinde kovalent örgüllü yapılardan, elmas ve grafiten hiç bahsedilmemesi veya çok az bahsedilmesi.*
- *Öğrencilerin bütün bileşiklerin moleküllerden oluştuğunu düşünmeleri. Bu öğrenciler her zaman 2 veya 3 atomun bir araya gelerek bir molekül oluşturduğunu düşünüyor olabilirler.*
- *Öğrencilerin mikroskobik dünyadaki olayları ve yapıları algılamada ve zihinlerinde canlandırmadaki güçlükleri. Eğer öğrenci yan yana bulunan birçok karbon atomunun birbiriyle kovalent bağlanma yaptığı elmas ve grafit gibi yapıları zihinlerinde canlandırabilirdi, her zaman moleküllerin olması gerektiğini, yan yana bulunan çok sayıda atomun da birbiriyle bağı yapabileceğini anlayabilirdi.*

Yanılı 12: Kovalent bağı hidrojen bağından daha zayıftır

- *Ametal atomları arasında meydana gelen kovalent bağı yapısını ve özelliklerini tam anlamamış olması*
- *Moleküller arası kuvvetlerden bir olan hidrojen bağı yapısını ve özelliklerini tam anlamamış olması*
- *"Hidrojen bağı moleküller arası kuvvetler arasında en güçlü olanıdır" bilgisine sahip bir öğrenci, moleküller arası kuvvetleri ve kimyasal bağları birbirine karıştırıyorsa ve bunlar arasındaki farkı ayırt edemiyorsa, tamamını "bağlar" olarak düşündüğü türler arasında en güçlü olanının hidrojen bağı olduğunu düşünebilir.*

Yanılı 13: Kovalent bağıda, çapı büyük olan atom bağı elektronlarını kendine daha çok çeker

- *Elektronegatiflik kavramı ve bir atomun elektronegatifliğinin nelere bağı olduğu ile ilgili bilgi eksiklikleri veya bu konuları tam anlamamış olmaları. Bu nedenle elektronegatifliği atom çapı ile ilişkilendirmeleri*
- *Öğrencilerin, moleküler boyuttaki taneciklerin ve gerçekleşen olayların özelliklerine ilişkin zayıf anlamalara sahip olmaları, mikroskobik boyutta gerçekleşen bu olayları anlamakta zorlanmaları.*
- *Derste kovalent bağı açıklanması sırasında genellikle örnek olarak verilen H_2O , HF ve HCl gibi moleküllerde hidrojenin yanındaki diğer atomların çapları genellikle hidrojeninkinden büyüktür. Eğer bu durum onun dikkatini çekmişse ve öğrenci elektronegatifliği bilmiyorsa, kendince doğru ve mantıklı bir çıkarsama yaparak "çapı büyük olan atom elektronları kendine daha çok çeker" diye düşünebilir. Yani öğrenciler "elektronların hangi atoma daha yakın olacağı" konusuna ilişkin kendilerince doğru ancak bilimsel bilgilerle tutarsız bir çıkarım yapmış olabilirler.*

Metalik Bağı İlgili Yanılılar ve Olası Nedenleri**Yanılı 1:** Metalik bağı, metal atomları arasında elektron alışverişi şeklinde gerçekleşir

- *Metal atomlarının yapılarını ve özelliklerini bilmemeleri veya tam anlamamış olmaları.*
- *Metalik bağı yapısı, bağlanmanın hangi atomlar arasında ve nasıl meydana geldiğiyle ilgili bilgi eksiklikleri veya konuyu tam anlamamış olmaları.*
- *Metalik bağlanmanın yapısını açıklamak için kullanılan elektron denizi modelinin öğrenciler tarafından anlaşılmasının zor olması, bu nedenle metalik bağlanmanın yapısını tam anlamayan öğrencilerin "metaller arasında elektron alışverişiyle gerçekleşir" veya "metaller arasında elektron ortaklaşmasıyla gerçekleşir" gibi kendileri için daha kolay açıklamaları tercih etmeleri.*
- *Öğrencilerin, kimyasal bağlanmanın sadece elektron alışverişi ya da elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşebileceğine inanmaları.*

Yanılı 2: Metalik bağı, metal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşir

- *Metal atomlarının yapılarını ve özelliklerini bilmemeleri veya tam anlamamış olmaları.*
- *Metalik bağı yapısı, bağlanmanın hangi atomlar arasında ve nasıl meydana geldiğiyle ilgili bilgi eksiklikleri veya konuyu tam anlamamış olmaları.*
- *Metalik bağlanmanın yapısını açıklamak için kullanılan elektron denizi modelinin öğrenciler tarafından anlaşılmasının zor olması, bu nedenle metalik bağlanmanın yapısını tam anlamayan öğrencilerin "metaller arasında elektron alışverişiyle gerçekleşir" veya "metaller arasında elektron ortaklaşmasıyla gerçekleşir" gibi kendileri için daha kolay açıklamaları tercih etmeleri.*
- *Öğrencilerin öğrendikleri bilgileri birbiri ile karıştırmaları. Konuyla ilgili zayıf anlamalara ve ezbere bazı bilgilere sahip öğrenciler; iyonik, kovalent ve metalik bağı ilgili sahip oldukları bu ezbere bilgileri birbiriyle karıştırmış olabilirler.*
- *Öğrencilerin, kimyasal bağlanmanın sadece elektron alışverişi ya da elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleşebileceğine inanmaları.*

Yanılı 3: Metaller moleküler yapıdadır

- *Buldukları düzeye kadar ayrıntılı bir kimya dersi almadıkları ve onların zihninde kimyasal bağ; iki ya da üç atomun bir araya gelmesi şeklinde gerçekleşen bir durum olduğu için, öğrenciler böyle bir yanılıya sahip olmuş olabilirler.*
- *Metalik bağlanmanın metal atomları arasında nasıl gerçekleştiğini, yani elektron denizi modelini, tam anlamamış olmaları veya bu konudaki bilgi eksiklikleri*
- *Öğrencilerin, bağlanmanın mutlaka 2 veya 3 atom arasında gerçekleşeceğini düşünmeleri. Daha fazla atom arasında gerçekleşebilecek bir bağlanmayı düşünememeleri, böyle bir bağlanmayı zihinlerinde canlandıramamaları.*
- *Metalik bağın ders kitaplarında ve öğretmen tarafından derslerde “katı ve sıvılarda bağlar”, “moleküller arası bağlar”, “diğer bağ türleri” gibi başlıklar altında verilmesi öğrencinin bu bağlanmayı zihninde tam yapılandırmasına sebep olmaktadır. Metalik bağın iyonik ve kovalent bağdan farklı olduğunu düşünen öğrenci bunun moleküller arası bir kuvvet olduğunu düşünebilir. Nitekim bazen “moleküller arası bağlar” başlığı altında verilmektedir. Dolayısıyla öğrencinin, moleküller arası bağ olarak tanıtılan veya kendisinin öyle düşündüğü metalik bağlanmada, moleküllerin olmasını düşünmesi olasıdır.*

Yanılı 4: Metalik bağ, kovalent bağla kıyaslandığında gerçek bağ bile sayılmaz. Bağ olabilmesi için iki atom arasında elektron paylaşımı olması gerekir

- *Öğrenciler “bağ” denilen şeyin mutlaka atomlar arasındaki fiziksel bir yapı olması gerektiğine inanıyorsa ve bu yapının atomlar arasındaki bağ elektronları olduğunu düşünüyorsa; bu öğrenciler kovalent bağı gerçek anlamda bir bağ olarak düşünürken, metalik bağlanmada “bağ” olarak nitelendirilebilecekleri bir yapının olmadığını düşünerek onun gerçek bir bağ olmadığı düşüncesine sahip olabilirler.*
- *Eğer öğrenciler atomlar arasında bağlanmanın gerçekleşebilmesi için mutlaka elektron ortaklaşmasının veya elektron alışverişinin olması gerektiğini düşünüyor iseler ve onlara göre bağlanma elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması ise, bu tür bir kategoriye koymadıkları metalik bağı gerçek bir bağ olarak düşünmemiş olabilirler.*
- *Moleküler boyutta metalik bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini ve atomları bir arada tutan kuvvetin ne olduğunu tam kavramamış olmaları ve metaller arasında gerçekleşen etkileşimleri, yani metalik bağlanmayı, zihinlerinde doğru olarak canlandıramamış olmaları.*

Moleküller Arası Kuvvetlerle İlgili Genel Yanılılar ve Olası Nedenleri

Yanılı 1: Öğrenciler moleküller arası kuvvetleri moleküllerdeki atomlar arasındaki bağlar olarak düşünmekte ve moleküller arası kuvvetleri atomlar arasındaki bağlar ile karıştırmaktadırlar

- *Atomları bir arada tutan bağ türlerini ve molekülleri bir arada tutan kuvvetleri tam anlamamış olmaları, bunlar arasındaki farklılıkları ayırt edememeleri ve hepsini “bağlar” olarak nitelendirmeleri.*
- *Atom ve molekül kavramlarını tam anlamamış olmaları ve bunları birbiriyle karıştırmaları.*
- *Farklı bağ türleri ve moleküller arası kuvvetlerle ilgili yüzeysel anlamalara ve ezbere bilgilere sahip olmaları, bu nedenle derste öğrenmiş oldukları bu bağ türlerinin ve kuvvetlerinin özelliklerini birbiriyle karıştırmaları.*
- *Kimyasal bağlar konusunun Lise-3 düzeyinde tekrar ve ayrıntılı olarak işleneceği düşüncesiyle, özellikle moleküller arası bağlar kısmının Lise-1 düzeyinde oldukça yüzeysel işlenilmesi.*
- *Çok sık olmasa da bazen öğretmenlerin, farkında olmadan veya yanılıya neden olacağını düşünmeden, moleküller arası kuvvetlerden bahsederken “bağlar” kelimesini kullanması veya bazı moleküller arası kuvvetlerin isminin içinde zaten “bağ” kelimesinin geçmesi. Örneğin; hidrojen bağı.*

Yanılı 2: Moleküller arasında herhangi bir etkileşim yoktur

- *Kimyasal bağlar konusunun Lise-3 düzeyinde tekrar ve ayrıntılı olarak işleneceği düşüncesiyle, özellikle moleküller arası bağlar kısmının Lise-1 düzeyinde oldukça yüzeysel işlenilmesi.*
- *Öğrencilerin isimlerini bilseler de aslında moleküller arası kuvvetler olan Van der Waals, dipol-dipol ve hidrojen bağlarının nasıl gerçekleştiğini bilmemeleri ve bu kuvvetlerin yapısını tam anlamayarak onların da molekül içi bağ türleri olduğunu düşünmeleri.*
- *Öğrencilerin mikroskopik olayları ve yapıları algılamada ve zihinlerinde canlandırmadaki güçlükleri, mikroskopik dünyada gerçekleşen ve gözlemleyemedikleri bu etkileşimleri yokmuş gibi düşünmeleri veya önemsememeleri.*
- *Sadece atomlar arasında bir etkileşimin olabileceğine ve bu etkileşimin de sadece “elektron alışverişi” ve “elektron ortaklaşması” şeklinde gerçekleşebileceğini inanmaları. Dolayısıyla, moleküller arasında elektron alışverişi veya ortaklaşması gibi bir durumun olmayacağını düşünen öğrencilerin, moleküller arasında herhangi bir etkileşimin olamayacağına inanmaları.*
- *Kimyasal bağlar konusu işlenirken, iyonik ve kovalent bağlara daha fazla ağırlık verildiği ve yüzeysel işlenen diğer etkileşimlerin nasıl gerçekleştiğini tam anlayamadıkları için, öğrencilerin iyonik ve kovalent bağlar haricindeki diğer etkileşimleri göz ardı etmeleri.*

Yanılı 3: Bir maddenin erime ve kaynama noktası, o maddeyi oluşturan moleküllerin atomları arasındaki bağların kuvveti ile ilişkilidir

- *Molekül içi bağlar ile moleküller arası kuvvetleri ayırt edemeyen ve hepsini “bağlar” olarak basitçe sınıflandıran öğrencilerin, erime ve kaynama noktasını onlara göre hepsi atomlar arasında meydana gelen bağlarla (molekül içi bağlarla) ilişkilendirmeleri.*
- *Moleküller arasında bir etkileşimin olmadığını düşünen öğrencilerin, bir maddenin erime ve kaynama noktasını; o maddeyi oluşturan moleküllerin içerisinde bulunan atomlar arasındaki bağ türüyle (iyonik veya kovalent) ilişkilendirmeleri.*
- *Atom ve molekül kavramlarını tam anlamamış olan ve bu kavramları birbirine karıştıran öğrenciler, bir maddenin erime ve kaynama noktasını, o maddeyi oluşturan moleküllerin atomları arasındaki bağların kuvveti ile ilişkilendirebilirler.*

Van der Waals Kuvvetleriyle İlgili Yanılıgular ve Olası Nedenleri

Yanılı 1: Van der Waals kuvvetleri, apolar moleküllerde atomlar arasında bulunur

- *Atomları bir arada tutan bağ türlerini ve molekülleri bir arada tutan kuvvetleri tam anlamamış olmaları, bunlar arasındaki farklılıkları ayırt edememeleri ve hepsini “molekül içi bağlar” veya sadece “bağlar” olarak nitelendirmeleri.*
- *Moleküller arasında herhangi bir etkileşim olmadığına inanan, derste işlemiş olsalar da moleküller arası kuvvetlerin sadece isimlerini bilen ve onları molekül içi bağlar olarak düşünen öğrenciler Van der Waals kuvvetlerinin apolar moleküllerdeki atomlar arasında olduğunu düşünebilir*
- *Eğer öğrenciler “atom” ve “molekül” kavramlarını birbirleriyle karıştırıyor ve “molekül içi bağlar” ile “moleküller arası kuvvetleri” tam anlamadıkları için birbirinden ayırt edemiyor iseler, bu öğrenciler “Van der Waals kuvvetleri apolar moleküller arasında gerçekleşir” ifadesini yanlış anlayıp onun apolar moleküllerdeki atomlar arasında oluştuğunu düşünebilirler.*
- *Kimyasal bağlar konusunun Lise-3 düzeyinde tekrar işleneceği düşüncesiyle, özellikle moleküller arası bağlar kısmının Lise-1 düzeyinde oldukça yüzeysel işlenilmesi*

Yanılı 2: Van der Waals kuvvetleri yalnızca soygaz atomları arasında bulunur

- *Eğer öğrenci moleküller arası kuvvetleri molekül içi bağlarla aynı sınıfa koyup hepsini “bağlar” olarak sınıflandırıyor ve kovalent bağın da ametal atomları arasında oluştuğunu biliyorsa, derste öğrendiği “Van der Waals kuvvetleri apolar moleküller arasında ve soygazlar arasında oluşur” bilgisini kendince yeniden düzenleyebilir ve “apolar moleküllerdeki bağ kovalent bağlıdır” diye düşünerek “buna göre Van der Waals kuvvetleri sadece soygaz atomları arasında oluşur” sonucuna ulaşmış olabilir.*
- *Kimyasal bağlar konusunun Lise-3 düzeyinde tekrar işleneceği düşüncesiyle, özellikle moleküller arası bağlar kısmının Lise-1 düzeyinde oldukça yüzeysel işlenilmesi.*
- *Öğrencilerin Van der Waals kuvvetlerinin hangi tür tanecikler arasında ve nasıl meydana geldiğini bilmemeleri veya tam anlamamış olmaları.*
- *Böyle düşünen öğrenciler çok büyük olasılıkla diğer moleküller arası kuvvetlerle ilgili zayıf anlamalara sahiptirler. Çünkü eğer bu öğrenciler polar moleküllerde dipol-dipol kuvvetlerinin ve hidrojen atomu ile F,O,S gibi elektronegatif atomları içeren moleküllerde hidrojen bağının olduğunu bilseler, geriye kalan apolar moleküller arasında da Van der Waals kuvvetlerinin olması gerektiğini düşünebilirlerdi. Öğrenciler genellikle ezberlemeye alışkın oldukları, sahip oldukları bilgileri tam olarak anlamadıkları ve sorgulamadıkları için doğru mantıksal çıkarımlar yapmakta yetersiz kalmaktadırlar.*

Yanılı 3: Van der Waals bağlarının kuvveti, molekülün büyüklüğüne bağlı ancak molekülün şekline bağlı değildir

- *Lise-1 müfredatının yoğunluğu nedeniyle ve kimyasal bağlar konusunun Lise-3 düzeyinde tekrar ve daha ayrıntılı işleneceği düşüncesiyle, Lise-1 düzeyinde molekül şekilleri konusu hiç verilmemekte yada su ve metan gibi birkaç molekülün şeklinden kısaca bahsedilmektedir. Aynı nedenden dolayı moleküller arası bağlar kısmı işlenmekte, ancak üzerinde fazla vakit ayrılmamakta ve yüzeysel işlenmektedir. Bu nedenle, molekül şekillerini tam bilmeyen ve Van der Waals kuvvetlerinin fazla örnek verilmeden kısaca açıklandığı öğrencilerin, Van der Waals kuvvetinin gücünü etkileyen bir faktör olarak molekül şeklini hatırlamaması veya bilmemesi olası bir durumdur.*
- *Mikroskobik boyutta moleküllerin yapılarını, şekillerini ve bu moleküller arasında Van der Waals kuvvetlerinin nasıl oluştuğunu zihinlerinde canlandırılmamaları. Eğer bu moleküllerin yapısını, şekillerini ve aralarındaki çekimin nasıl oluştuğunu zihinlerinde canlandırabilselerdi, hem molekülün şeklinin hem de büyüklüğünün bu bağların gücünü etkileyen faktörler olduğunu düşünebilirlerdi.*

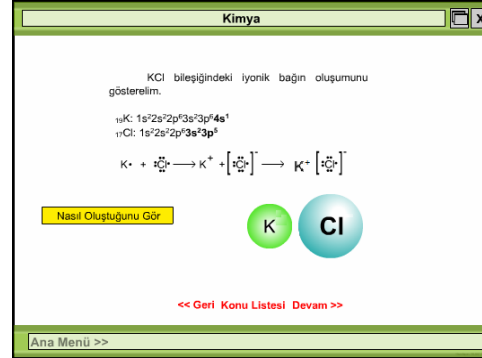
Dersin İşlenişi ve Öneriler

- Dersin başında, bir önceki hafta işlenen konuları öğrencilerinizle birlikte kısaca tekrarlayarak, bu haftaki derslerde de kullanacağımız temel kavramları (atom, molekül, kimyasal bağlanma, kimyasal bağlanmanın gerçekleşme şekilleri vb.) onlara hatırlatınız. Gerekli hatırlatmaların ardından, bu haftaki derste işlenecek olan konulardan kısaca bahsediniz.
- BDÖ materyalindeki dokuzuncu sayfada “Elektron Nokta Gösterimleri (Lewis Gösterimleri)” açıklanmaktadır. Bu sayfayı öğrencilerinizle birlikte inceleyerek, Lewis gösterimlerinin ne anlama geldiğini ve neden böyle bir gösterime ihtiyaç duyulduğunu onlara açıklayınız. Ayrıca, bu sayfada (sayfa 9) hidrojen, helyum, lityum, berilyum, karbon, azot ve neon gibi atomların Lewis gösterimleri de örnek olarak bulunmaktadır. Sizde öğrencilerinizden farklı atomların Lewis gösterimlerini yazmalarını isteyerek, onların konuyla ilgili daha fazla alıştırmaya yapmalarını sağlayınız.

| Atomun Adı | Atom no | Elektron Dizilisi | Yapısı | Lewis |
|------------|---------|---|--------------|-------|
| Hidrojen | 1 | 1s ¹ | Yapısını Gör | H• |
| Helyum | 2 | 1s ² | Yapısını Gör | •He• |
| Lityum | 3 | 1s ² 2s ¹ | Yapısını Gör | Li• |
| Berilyum | 4 | 1s ² 2s ² | Yapısını Gör | •Be• |
| Karbon | 6 | 1s ² 2s ² 2p ² | Yapısını Gör | •C• |
| Azot | 7 | 1s ² 2s ² 2p ³ | Yapısını Gör | •N• |
| Neon | 10 | 1s ² 2s ² 2p ⁶ | Yapısını Gör | :Ne: |

<< Geri Konu Listesi Devam >>

Ana Menü >>



- BDÖ materyalindeki onuncu sayfada, verilen bir iyonik bileşikteki (KCl) bağ oluşumunun elektron nokta gösterimi kullanılarak nasıl ifade edilebileceğini açıklanmaktadır. Bu sayfayı öğrencilerinizle birlikte inceleyerek, iyonik bileşiklerin oluşumunun Lewis gösterimi kullanarak nasıl ifade edilebileceğini onlara açıklayınız. Bu sayfadaki KCl örneğinden farklı olarak, sizde öğrencilerinizden farklı iyonik bileşiklerin Lewis gösterimlerini yazmalarını ve konuyla ilgili daha fazla alıştırmaya yapmalarını sağlayınız.

UYARI

BDÖ materyalindeki 9. sayfa üzerinde çalışırken, öğrencilerin bu sayfada yer alan “Yapısını Gör” animasyonları üzerinde detaylı olarak durmalarını sağlayınız. Bu animasyonlarda öğrencilere ilişkili olduğu atomun üç boyutlu yapısı gösterilmeye çalışılmaktadır. Öğrencilerinizin, animasyonlarla yapısını gördükleri atomların Lewis gösterimleriyle basit bir şekilde ifade edilmeye çalışıldıklarını anlamalarını sağlayınız.

UYARI

BDÖ materyalindeki 10. sayfa üzerinde çalışırken, öğrencilerin bu sayfada yer alan KCl animasyonu üzerinde detaylı olarak durmalarını sağlayınız. Bu animasyonda öğrencilere Lewis Gösterimi ile basitçe ifade ettikleri bağlanmanın moleküler düzeyde nasıl gerçekleştiği gösterilmeye çalışılmaktadır. Öğrencilerinizin, animasyonda oluşumunu gördükleri KCl molekülünün Lewis gösterimiyle basit bir şekilde ifade edilmeye çalışıldığını anlamalarını sağlayınız.

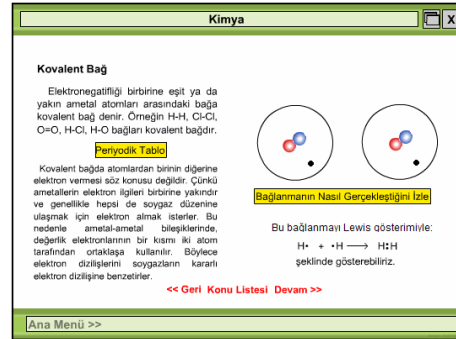
- “Geçen hafta iyonik bağlanmanın hangi tür atomlar arasında ve nasıl gerçekleştiği üzerinde durmuştuk, şimdi ise kovalent bağı birlikte inceleyelim” diyerek kovalent bağ konusuna giriş yapınız. Öğrencilerinize “kovalent bağ hangi atomlar arasında meydana gelir?” sorusunu yönelterek, fikirlerini açıkça ifade etmeleri konusunda onları teşvik ediniz. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, kovalent bağlanmanın gerçekleştiği atomlarla ilgili ön fikirlerini ve varsa yanılgılarını belirlemeye çalışınız.
- Öğrencilerinizin kovalent bağlanmanın hangi atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Kovalent Bağ Hangi Atomlar Arasında Meydana Gelir?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıtınız.
- Öğrencilerinizin kovalent bağlanmanın hangi atomlar arasında gerçekleştiğiyle ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında; “metal, ametal ve soygaz atomlarının özelliklerinden”, “metal ve ametal atomlarının bağlanma sırasında genellikle nasıl davrandıklarından” ve “hidrojen atomunun periyodik cetvelin 1A grubunda yer almasına rağmen ametal olduğundan” bahsediniz. Tartışmanın sonunda; kovalent bağlanmanın, bağlanma sırasında genellikle elektron alan yada ortaklaşa kullanan ametal atomları arasında gerçekleştiğini vurgulayınız.

- Kovalent bağın arasında gerçekleştiği atomlardan bahsettikten sonra, öğrencilerinize “peki kovalent bağ bu atomlar arasında nasıl gerçekleşir?” sorusunu yöneltiniz ve fikirlerini açıkça ifade etmeleri konusunda onları teşvik ediniz. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, kovalent bağlanmanın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.

UYARI

Bu süreçte tartışmaların etkili yürütülmesi çok önemlidir. Sadece öğrenci-öğretmen değil, öğrenci-öğrenci etkileşimine de imkan veren bir tartışma ortamı sağlayınız. Bu durum öğrencilerin daha kolay ikna olmalarını sağlayabilir. Ayrıca, öğrencilerin sahip oldukları yanlışların olası nedenleri hakkında bilgi sahibi olursanız, onların kavramsal değişimi sağlamasına, yani sahip oldukları yanlışlarını bilimsel fikirlerle değiştirmelerine daha fazla yardım edebilirsiniz.

- Öğrencilerinizin kovalent bağlanmanın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Kovalent Bağ Nasıl Gerçekleşir?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıttınız.
- Öğrencilerinizin kovalent bağlanmanın nasıl gerçekleştiğiyle ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında; “metal ve ametal atomlarının özelliklerinden, “elektron alışverişi şeklinde gerçekleşen iyonlar arasındaki bağlanmanın iyonik bağ olduğundan” ve “elektron paylaşımı veya elektron ortaklaşması yapabilecek atomların ne tür özelliklere sahip olmaları gerektiğinden” bahsediniz. Tartışmanın sonunda; “kovalent bağlanmanın, bağlanma sırasında genellikle elektron alan ametal atomları arasında elektron ortaklaşması şeklinde gerçekleştiğini” ve “kovalent bağlanmanın; bağ yapan ametal atomlarının çekirdeklerinin bağ elektronlarını çekmesi şeklinde gerçekleştiğini” vurgulayınız.
- BDÖ materyalindeki on birinci sayfada kovalent bağın arasında gerçekleştiği atomlar, bu atomların nasıl özelliklere sahip olmaları gerektiği, periyodik cetvelde bu özelliklere sahip atom gruplarının hangileri olduğu ve kovalent bağın bu atomlar arasında nasıl gerçekleştiği açıklanmaktadır. “Kovalent Bağ Hangi Atomlar Arasında Meydana Gelir?” ve “Kovalent Bağ Nasıl Gerçekleşir?” başlıklı kavramsal değişim metinleri üzerinde yapılan tartışmaların ardından, materyalin on birinci sayfasındaki bilgileri öğrencilerinizle birlikte yeniden inceleyiniz. Bu sayfada yer alan ve kovalent bağlanmanın nasıl gerçekleştiğini açıklayan animasyonun öğrenciler tarafından birkaç kez tecrübe edilmesini sağlayarak, öğrencilerinizin animasyon üzerinde odaklanmalarını sağlayınız.



UYARI

BDÖ materyalindeki 11. sayfa üzerinde çalışırken, öğrencilerin bu sayfada yer alan animasyon üzerinde detaylı olarak durmalarını sağlayınız. Bağlanma öncesinde bir (1) elektrona sahip olan hidrojen atomlarının, herhangi bir elektron alışverişi yapmaksızın, sadece elektronlarını ortaklaşa kullanarak soygaz düzenine benzediklerine ve bağ yaptıklarına dikkat çekiniz.

UYARI

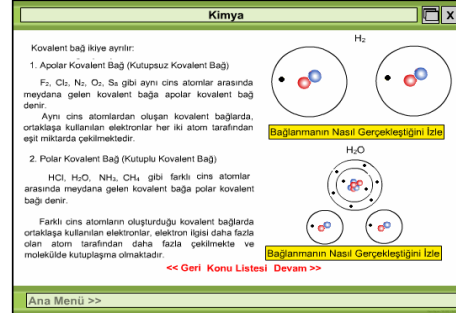
BDÖ materyalinin bu sayfasında (11. sayfa) çalışırken, öğrencilerinize elektron ilgisi kavramını hatırlatınız.

UYARI

BDÖ materyalindeki 11. ve 12. sayfalarda yer alan animasyonlarda, bağ elektronları sadece iki atom hacminin kesişen kısmında hareket etmektedir. Bu durum öğrencilerinizde yanlışlara neden olmasını engellemek için onlara; “animasyonda bu şekilde gösterilmesine rağmen, aslında bağ yapan elektronların atomun tüm hacmi boyunca hareket ettiği, ancak bağ elektronlarının iki atom arasındaki alanda bulunma olasılığının atomların geriye kalan kısımlarında bulunma olasılığından daha fazla olduğu” açıklamasını yapmayı unutmayınız.

- Kovalent bağlanmanın hangi atomlar arasında ve nasıl gerçekleştiğinin açıklanmasının ardından, öğrencilerinize “Klördaki (Cl₂) ve Hidrojen klorürdeki (HCl) kovalent bağlar birbirinden hangi özellikleriyle farklıdır?”, “Acaba bir molekülde ortaklaşa kullanılan bağ elektronları bağ yapan atomlar tarafından aynı ölçüde mi çekilir?” ve “Tüm kovalent bağlarda bağ elektronları atomlara eşit uzaklıkta mıdır?” gibi sorular yöneltiniz. Öğrencilerinizin, farklı atomların yaptığı kovalent bağlanmalarda bağ elektronlarının durumu üzerine düşüncelerini sağlayınız. Tartışmalar sırasında öğrencilerinizi, fikirlerini açıkça ifade etmeleri ve verdikleri cevapların nedenlerini de belirtmeleri konusunda teşvik ediniz. Bu şekilde onların ilişkili ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.

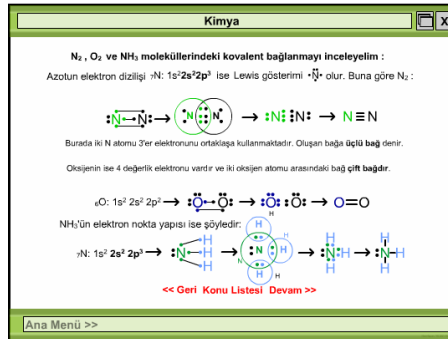
- Öğrencilerinizin aynı ve farklı atomlar arasında gerçekleşen kovalent bağlanmalar sırasında bağ elektronlarının pozisyonuyla ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Tüm kovalent bağlarda bağ elektronları atomlara eşit uzaklıkta mıdır?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıttınız.
- Öğrencilerinizin kovalent bağın farklı türlerinde bağ elektronlarının pozisyonuyla ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında öğrencilerinize; “polar (kutuplu) ve apolar (kutupsuz) kovalent bağdan”, “kovalent bağ için kullanılan *paylaşmak* veya *ortaklaşa kullanmak* kelimelerinin anlamından” ve “elektronegatiflik kavramından” bahsediniz. Tartışmanın sonunda; “kovalent bağlanmanın aynı cins ya da farklı cins atomlar arasında oluşup oluşmamasına göre ikiye ayrıldığı”, “elektronegatifliği farklı atomlar arasında gerçekleşen kovalent bağlarda bağ elektronlarının elektronegatifliği yüksek olan atom tarafından daha fazla çekildiklerini” ve “elektronegatiflikleri farklı atomlar arasında gerçekleşen polar kovalent bağlarda bağ elektronlarının elektronegatifliği yüksek olan atoma daha yakın olduklarını” vurgulayınız.
- BDÖ materyalindeki on ikinci sayfada kovalent bağın türleri (polar ve apolar kovalent bağ) açıklanmakta olup, polar ve apolar kovalent bağlı bileşik örnekleri verilmektedir. Bu sayfayı öğrencilerinizle birlikte incelemeyen önce, “Kovalent bağların türleri var mıdır?” sorusunu yöneltip onların fikirlerini alınız. Daha sonra, bu sayfadan faydalanarak öğrencilerinize kovalent bağ türlerini, polar ve apolar kovalent bağlanmaları açıklayınız. Kovalent bağ türlerini açıklarken daha önce öğrencilerinizle üzerinde tartışmış olduğunuz “Tüm kovalent bağlarda bağ elektronları atomlara eşit uzaklıkta mıdır?” başlıklı kavramsal değişim metninden bazı hatırlatmalar yapınız (elektronegatiflik ve bağ elektronlarının her iki atom tarafından aynı kuvvette çekilmeyebileceği vb. konularda). Ayrıca bu sayfada öğrencilerin polar ve apolar kovalent bağlanmaların nasıl gerçekleştiklerini görmeleri için iki ayrı animasyon bulunmaktadır. Öğrencilerinizin bu animasyonları birkaç kez çalışmalarını sağlayınız.



UYARI

BDÖ materyalindeki 12. sayfa üzerinde çalışırken, öğrencilerin bu sayfada yer alan animasyon üzerinde detaylı olarak durmalarını sağlayınız. Bağlanma öncesinde bir (1) elektrona sahip olan hidrojen atomlarının, herhangi bir elektron alışverişi yapmaksızın, sadece elektronlarını ortaklaşa kullanarak bağ yaptıklarına ve soygaz düzenine benzediklerine dikkat çekiniz. Benzer şekilde, su (H₂O) animasyonunda da oksijenin hidrojen atomlarıyla birer elektronunu ortaklaşa kullanarak bağ yaptığını ve bağlanma sonrasında tüm atomların elektron dizilişlerinin soygaz düzeninde olduğunu belirtiniz.

- BDÖ materyalindeki on üçüncü sayfada N₂, O₂ ve NH₃ gibi moleküllerdeki kovalent bağlardan ve oluşan moleküllerin elektron nokta gösterimlerinden bahsedilmektedir. Materyalin bu sayfasındaki bilgileri öğrencilerinizle birlikte inceleyerek, bazı atomlar arasında oluşabilecek ikili ve üçlü bağlanmaları onlara örneklerle açıklayınız. Bu sayfanın üzerinde çalışırken, öğrencilerinizden ikili ve üçlü bağ içeren farklı molekül örnekleri bulmalarını ve tahtada bu moleküllerin elektron nokta gösterimlerini yazmalarını isteyebilirsiniz.



- Kovalent bağla ilgili temel açıklamaları öğrencilerinizle birlikte işledikten sonra onlara; “Daha önce iyonik bileşiklerin moleküler yapıda olmadığını görmüştük. Kovalent bağlı bileşiklerin ise genellikle moleküler yapıda olduğunu gördük. Şimdi şu soruya cevap verelim: kovalent bağlı tüm bileşikler moleküler yapıda mıdır?” diyerek onların kovalent bağlı yapılar hakkında düşünmelerini sağlayınız. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, kovalent bağlı tüm bileşiklerin moleküler yapıda olup olmadığıyla ilgili ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.
- Öğrencilerinizin kovalent bağlı tüm bileşiklerin moleküler yapıda olup olmadığıyla ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Tüm kovalent bağlı bileşikler moleküler yapıda mıdır?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıttınız.
- Öğrencilerinizin kovalent bağlı tüm bileşiklerin moleküler yapıda olup olmadığıyla ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında; elmas ve grafitteki örgü yapılarını ve her iki yapıda karbon atomlarının

yaptıkları bağlanmaları açıklayınız. Tartışmanın sonunda; genellikle kovalent bileşikler moleküler yapıda olsa da, elmas ve grafit gibi bazı kovalent bağlı maddelerin moleküler yapıda olmadıklarını vurgulayınız.

- Elmas ve grafit gibi örgülü yapıya sahip kovalent yapılardan bahsettikten sonra, öğrencilerinize yine aynı kavramsal değişim metni içerisinde yer alan “Elmas elektriği iletirken, grafit neden elektriği iletmemektedir?” sorusunu yöneltiniz. Öğrencilerinizden metinde yer alan fikirleri ve doğru cevapları okumalarını, sadece kendi fikirlerini açıklamalarını isteyiniz. Verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, onların elmas ve grafitin elektrik iletkenliği konusundaki ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.
- Öğrencilerinizin elmas ve grafitin elektrik iletkenliği konusundaki fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında öğrencilerinize; “hem elmasta hem de grafitte bağ yapmayan karbon atomunun bulunmadığından”, “grafitin birbiri üzerinde kayabilen karbon atomu tabakalarına sahip olması nedeniyle parçalanabildiğinden” ve “elmastaki her bir karbon atomunun dört sigma bağı yapmasına karşılık, grafitteki her bir karbon atomunun etrafındaki karbon atomlarıyla üç sigma ve bir pi bağı yaptığından” bahsediniz. Tartışmanın sonunda; “grafitte karbon atomları arasında zayıf pi bağlarının olduğunu ve pi bağı yapan elektronların karbon atomları tarafından daha zayıf çekilmesi nedeniyle grafitin elektriği iletmediğini” vurgulayınız.
- “Şimdiye kadar olan bölümlerde iyonik ve kovalent bağlanmaları inceledik, şimdi birlikte metalik bağı inceleyelim” diyerek metalik bağ konusuna giriş yapınız. Öğrencilerinize “metalik bağ hangi atomlar arasında ve nasıl meydana gelir?” sorusunu yönelterek, fikirlerini açıkça ifade etmeleri konusunda onları teşvik ediniz. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, metalik bağlanmanın özellikleriyle ilgili ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.
- Öğrencilerinizin metalik bağı hangi atomlar arasında ve nasıl oluştuğuyla ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Metalik bağ hangi atomlar arasında ve nasıl oluşur?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıtınız.
- Öğrencilerinizin metalik bağı hangi atomlar arasında ve nasıl oluştuğuyla ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında; “yan yana bulunan metal atomlarının hepsinin de elektron vermeye yatkın olduklarından ve bu nedenle aralarında elektron alışverişinin ya da elektron ortaklaşmasının gerçekleşmeyeceğinden” ve “metalik bağı açıklamak için kullanılan elektron denizi modelinden” bahsediniz. Tartışmanın sonunda; metalik bağı elektron denizi modelini kullanarak açıklayıp, metalik bağı elektron alışverişi veya ortaklaşmasından farklı olduğunu birkaç kez vurgulayınız.
- BDÖ materyalindeki on dördüncü sayfada metallerin sahip oldukları özellikler, periyodik cetvelde metallerin yerleri ve metalik bağı nasıl gerçekleştiği açıklanmaktadır. “Metalik Bağ Hangi Atomlar Arasında ve Nasıl Gerçekleşir?” başlıklı kavramsal değişim metni üzerinde yapılan tartışmaların ardından, materyalin on dördüncü sayfasındaki bilgileri öğrencilerinizle birlikte yeniden inceleyiniz. Elektron denizi modelini açıklarken, öğrencilerinizin sodyum, magnezyum ve alüminyum metallerindeki bağlanmayı gösteren animasyon üzerinde odaklanmalarını sağlayınız.



- Metalik bağla ilgili açıklamaların ve tartışmaların ardından, öğrencilerinize “şimdiye kadar olan bölümlerde atomlar arasında gerçekleşen bağ türlerini inceledik, peki sizce moleküller arasında herhangi bir etkileşim, bağ veya kuvvet var mıdır?” diyerek moleküller arası kuvvetler konusuna giriş yapınız. Öğrencilerinizi doğru ya da yanlış olduğunu düşünmeksizin sadece kendi fikirlerini açıkça ifade etmeleri konusunda teşvik ediniz. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, moleküller arası kuvvetlerle ilgili ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.
- Öğrencilerinizin moleküller arası kuvvetlerle ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Moleküller arasında herhangi bir çekim kuvveti veya bağ var mıdır?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıtınız.
- Öğrencilerinizin moleküller arası kuvvetlerle ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında; moleküller arasında da bazı çekim kuvvetlerinin olduğuna ilişkin kanıtlardan ve atomlar arasında oluşan kimyasal bağlanmalar ile moleküller arasında oluşan çekim kuvvetlerinin birbirinden çok farklı olduklarından bahsediniz. Tartışmanın sonunda; moleküller arasında elektrostatik çekim kuvvetlerinin var olduğunu, maddelerin oda sıcaklığında hangi halde bulduklarının ve maddelerin erime, kaynama gibi hal değişim sıcaklıklarının moleküller arası kuvvetlerle ilişkili olduğunu vurgulayınız.

• BDÖ materyalindeki on beşinci sayfada moleküller arası kuvvetler tanımlanmakta, maddelerin belirli bir sıcaklıkta hangi halde bulduklarının o maddeyi oluşturan moleküller arasında kuvvetlerle ilişkili olduğu bahsedilmekte ve moleküller arası kuvvetlerin çeşitleri listelenmektedir. “Moleküller arasında herhangi bir çekim kuvveti veya bağ var mıdır?” başlıklı kavramsal değişim metni üzerinde yapılan tartışmalar ardından, materyalin on beşinci sayfasındaki bilgileri öğrencilerinizle birlikte yeniden inceleyiniz. Bu sayfada yer alan ve hal değişimi sırasında maddelerde gerçekleşen değişimleri açıklamak için hazırlanmış animasyonun öğrencileriniz tarafından detaylı olarak incelenmesini sağlıyoruz.



• “Şimdi moleküller arası kuvvetlerden ilki olan Van der Waals kuvvetlerini birlikte inceleyelim” diyerek Van der Waals kuvvetleri konusuna giriş yapınız. Öğrencilerinize “Van der Waals kuvvetleri ne tür yapılar arasında meydana gelir?” sorusunu yöneltiniz ve fikirlerini açıkça ifade etmeleri konusunda onları teşvik ediniz. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, Van der Waals kuvvetlerinin arasında gerçekleştiği yapılarla ilgili ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.

• Öğrencilerinizin Van der Waals kuvvetlerinin ne tür yapılar arasında gerçekleştiğiyle ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Van der Waals kuvvetleri ne tür yapılar arasında meydana gelir?” başlıklı kavramsal değişim metnini onlara dağıttınız.

• Öğrencilerinizin Van der Waals kuvvetlerinin ne tür yapılar arasında gerçekleştiğiyle ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında; Van der Waals kuvvetlerinin kimyasal bağ olmadığını, moleküller arası kuvvetlerden biri olduğunu ve sadece soygaz atomları arasında değil, apolar moleküller arasında da oluşabildiğini açıklayınız. Tartışmanın sonunda; Van der Waals kuvvetlerinin oluşabileceği yapıların özelliklerini ve molekülleri arasında Van der Waals kuvvetleri olan bileşik örneklerini iyice vurgulayınız.

• Van der Waals kuvvetlerinin arasında gerçekleştiği yapılardan bahsettikten sonra, öğrencilerinize “peki Van der Waals kuvvetleri bu yapılar arasında nasıl gerçekleşir?” sorusunu yöneltiniz ve fikirlerini açıkça ifade etmeleri konusunda onları teşvik ediniz. Öğrencilerinize verdikleri cevapların nedenlerini sorarak, Van der Waals kuvvetlerinin nasıl gerçekleştiğiyle ilgili ön fikirlerini ve varsa yanlışlarını belirlemeye çalışınız.

• Öğrencilerinizin Van der Waals kuvvetlerinin nasıl gerçekleştiğiyle ilgili düşüncelerini ortaya koymalarının ardından, “Van der Waals Kuvvetleri Nasıl Meydana Gelir?” başlıklı kavramsal değişim metnini öğrencilerinize dağıttınız.

• Öğrencilerinizin Van der Waals kuvvetlerinin nasıl gerçekleştiğiyle ilgili fikirlerini dikkate alarak, bu fikirlerden yanlış olanlarını kavramsal değişim metnindeki açıklamaları kullanarak düzeltmeye çalışınız. Bu tartışmalar sırasında; “Van der Waals kuvvetinin bir kimyasal bağ olmadığından”, “Van der Waals kuvvetinin moleküller arası bir kuvvet olduğundan”, “moleküller arasında olduğu için atomlar arasında gerçekleşen bağlanmalar gibi elektron alışverişi veya elektron ortaklaşması sonucu gerçekleşmeyeceğinden” ve “dipol-dipol kuvvetleriyle farklılık gösterdiklerinden” bahsediniz. Tartışmanın sonunda; Van der Waals kuvvetlerinin soygaz atomları ve apolar moleküller gibi normalde simetrik elektron dağılımına sahip olan yapıların anlık bir simetri bozulması sonucu birbirlerine çekim uygulamaları sonucunda oluştuğunu vurgulayınız.

• BDÖ materyalindeki on altıncı sayfada Van der Waals kuvvetlerinin arasında gerçekleştiği yapılardan ve bu yapılar arasında nasıl gerçekleştiğinden bahsedilmektedir. “Van der Waals Kuvvetleri Ne Tür Yapılar Arasında Meydana Gelir?” ve “Van der Waals Kuvvetleri Nasıl Meydana Gelir?” başlıklı kavramsal değişim metinleri üzerinde yapılan tartışmalar ardından, materyalin on altıncı sayfasındaki bilgileri öğrencilerinizle birlikte yeniden inceleyiniz. Bu sayfada yer alan ve Van der Waals kuvvetlerinin nasıl gerçekleştiğini açıklayan animasyonun öğrenciler tarafından birkaç kez izlenmesini sağlayarak, öğrencilerin moleküller arasında gerçekleşen bu çekim kuvvetlerini zihinlerinde daha kolay canlandırılmalarına yardım ediniz.



• Dersin sonunda, öğrencilerinizle birlikte hem o gün derste işlediğiniz konulardan hem de bir sonraki hafta işlenecek konulardan kısaca bahsederek dersi tamamlıyoruz.

ÖZGEÇMİŞ

11.12.1978 tarihinde Karabük'te doğdu. 1992 yılında Merkez Atatürk İlköğretim Okulunu, 1995 yılında Karabük Demir Çelik Lisesini bitirdi. Aynı yıl K.T.Ü Fatih Eğitim Fakültesi Fen Bilimleri Eğitimi Kimya Öğretmenliği programına girdi. 1999 yılında bu programdan birinci olarak mezun oldu. Ayrıca fakültesini de üçüncülükle bitirdi. Aynı yıl K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Kimya Eğitimi Ana Bilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. 2000 yılında K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü'nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2003 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamlayarak, aynı ana bilim dalında doktora programına girdi. Halen aynı kurumda araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yabancı dili İngilizce'dir.